

*Travaux de l'Exposition*

EXTRAIT DU MONITEUR INDUSTRIEL

# LA FRANCE & LE SIMPLON

PAR

M. CH. DE SINNER

INGÉNIEUR

Ancien élève de l'École des Mines de Paris

PRIX : 2 FRANCS

PARIS

AUX BUREAUX DU « MONITEUR INDUSTRIEL »

11, RUE NOUVELLE, 11

MDCCCLXXXVIII

PA

1538





# LA FRANCE & LE SIMPLON

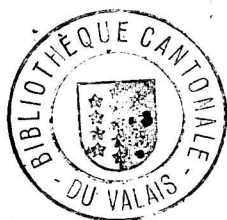


Bibl. cant. VS Kantonsbibl.



1010053772

PA 153X 8



2981



EXTRAIT DU MONITEUR INDUSTRIEL

---

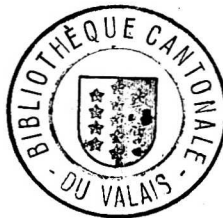
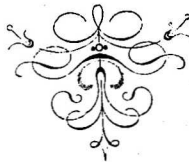
# LA FRANCE & LE SIMPLON

PAR

M. CH. DE SINNER

INGÉNIEUR

Ancien élève de l'École des Mines de Paris



PARIS

AUX BUREAUX DU « MONITEUR INDUSTRIEL »

11, RUE NOUVELLE, 11

—  
MDCCCLXXXVIII

PA 1537

# INDEX

	Pages		Pages
Avant-propos.....	1	La ligne d'accès sud du grand tunnel...	48
BUT ET AVANTAGES D'UNE NOUVELLE PERCÉE DES ALPES.....	2	Tracé du grand tunnel .....	50
ETUDES COMPARATIVES DES TROIS PRO- JETS NOUVEAUX AU POINT DE VUE DES DISTANCES .....	14	PROJETS PLUS RÉCENTS ET PLUS ÉCONO- MIQUES :	
CONSIDÉRATIONS STRATÉGIQUES.....	23	Période intermédiaire 1883-1885.....	54
COMPARAISON DES TROIS LIGNES PROJE- TÉES AU POINT DE VUE DES DIFFICUL- TÉS TECHNIQUES ET DU COUT D'ÉTA- BLISSEMENT :		Tunnel de 16 km et projet de Bange....	54
Le Mont-Blanc.....	26	Tracé adopté .....	56
La question thermique.....	32	Devis . .....	57
<i>Coût total de la ligne du Mont-Blanc..</i>	38	TUNNEL A SIMPLE OU A DOUBLE VOIE....	59
Le col du Géant .....	38	AÉRATION DU TUNNEL PENDANT SON EX- PLOITATION RÉGULIÈRE.....	60
Le grand Saint-Bernard ou le col Fer- ret.....	38	DIFFICULTÉS A VAINCRE PENDANT LA CONSTRUCTION DU GRAND TUNNEL....	64
LE SIMPLON.....	41	I. Rafratchissement par l'air com- primé.....	65
ETUDES ET PROJETS DE LA COMPAGNIE DU SIMPLON.....	43	II. Rafratchissement par la ventilation à pression normale.....	67
NOUVELLES ÉTUDES ET PROJET DE LA COMPAGNIE DE LA SUISSE OCCIDENTALE EN 1881 ET 1882 .....	46	III. Rafratchissement par l'eau pulvé- risée.....	74
L'amélioration du passage du Jura .....	47	IV. Rafratchissement par la glace ou par des appareils frigorifiques.....	76
		Emploi simultané des quatre procédés réfrigérants.....	77
		CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....	78



# LA FRANCE ET LE SIMPLON

Par Ch. de SINNER

Ingénieur, ancien élève de l'École des Mines de Paris.

---

(EXTRAIT DU MONITEUR INDUSTRIEL)

---

Le projet de percement du Simplon, qu'on disait mort et enterré, vient de ressusciter au grand déplaisir de ses concurrents et détracteurs.

Sans attendre plus longtemps une subvention de la France, qui est appelée cependant à retirer le plus grand bénéfice de cette percée des Alpes, les cantons et les chemins de fer de la Suisse occidentale ont pris seuls l'initiative de cette grande entreprise, et la charge financière qui en résulte ne les effraye pas. Onze millions à fonds perdus sont déjà promis et votés par la Confédération et les cantons de Vaud, de Fribourg et du Valais.

On peut compter encore sur quatre millions de la part de quelques villes et corporations suisses. Quinze autres millions sont attendus des provinces, villes et compagnies italiennes les plus directement intéressées à l'établissement de la nouvelle voie. Les bonnes dispositions manifestées à cet égard, par les représentants des provinces de Milan et de Novare surtout, donnent le meilleur espoir qu'on pourra atteindre bientôt le total de trente millions de subventions, total estimé nécessaire à la constitution définitive de l'entreprise.

C'est dans cette prévision, en effet, que la Compagnie des chemins de fer de la Suisse occidentale et du Simplon vient de conclure deux conventions importantes avec un syn-

dicat de banquiers et d'établissements de crédit, représentés par M. Ed. Heutsch, président du Comptoir d'Escompte de Paris, et M. Ruchonnet, directeur de la Banque cantonale Vaudoise.

L'une de ces conventions a trait à la formation du capital nécessaire à la construction du tunnel du Simplon et de ses lignes d'accès sur territoire suisse, capital estimé, au maximum, à 96 millions de francs. Cette somme sera réalisée de la manière suivante :

30 millions par les subventions à fonds perdus des Etats, communes, corporations, etc., dont 15 millions votés ou assurés en Suisse, et 15 millions attendus de l'Italie;

30 millions par une émission d'obligations de la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon;

36 millions par des avances d'une Société anonyme qui prend le nom de *Société pour la construction du tunnel du Simplon*.

Par une seconde convention, le syndicat se charge à forfait de la construction du tunnel, aux conditions d'un marché et d'un cahier des charges également arrêtés entre les parties.

Ces deux conventions, que le conseil d'administration de la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon a ratifiées le 26 novembre 1887, sont subordonnées à la condition que les subventions auront atteint le chiffre prévu de 30 millions.

## BUT ET AVANTAGES D'UNE NOUVELLE PERCÉE DES ALPES

Les promoteurs du chemin de fer du Saint-Bernard devront éprouver forcément quelque dépit en voyant triompher ce vieux Simplon dont ils s'étaient trop empressés de sonner le glas funèbre. M. de Vautheleret n'étant point parvenu, malgré ses nombreuses et bruyantes polémiques, à ébranler en Suisse l'opinion favorable au Simplon, tente aujourd'hui d'attaquer ce projet en le présentant comme contraire aux intérêts français, ou comme « doublure du Saint-Gothard », sans se douter que ce dernier reproche est en réalité le plus beau compliment qu'on puisse faire au Simplon au point de vue français. Néanmoins l'abus de l'expression de « ligne éminemment française », adoptée pour le Mont-Blanc et le Saint-Bernard, de celle « d'entreprise anti-française », appliquée bien à tort par les mêmes organes au Simplon, a pu induire en erreur beaucoup d'esprits disposés à accorder aux « mots » une faveur imméritée. Nous examinerons donc sérieusement et sans parti pris s'il y a quelque chose de fondé dans ces reproches adressés au projet du Simplon. Ce dernier, étudié et recommandé, depuis plus de trente ans, par un nombre considérable d'ingénieurs, d'économistes et d'hommes d'état français, parmi lesquels nous aurons à citer plus d'un nom illustre, est-il devenu tout d'un coup une entreprise anti-française ? La France doit-elle regarder cette solution comme contraire à ses intérêts politiques et économiques ? La vraie solution française doit-elle être cherchée dans l'exhumation du projet du Mont-Blanc, qui n'a d'ailleurs jamais existé qu'à l'état de vague silhouette et qui depuis longtemps ne donne plus signe de vie, ou plutôt dans l'adoption du Saint-Bernard de M. de Vautheleret qui fait tant de bruit ? Ou bien enfin la France doit-elle, comme le lui conseillait M. Louis Simonin (dans la *Revue des Deux-Mondes* du 1<sup>er</sup> août 1884), se désintéresser de toute nouvelle trouée des Alpes, « suffisamment percées », suivant l'expression de notre brillant confrère, et concentrer toute sa sollicitude, toutes ses faveurs sur le seul port de Marseille en assistant impassible à la ruine de ses ports du Nord et de son commerce d'exportation vers l'Italie, au profit d'Anvers, du Gothard et de l'Allemagne ?

Nous chercherons d'abord à répondre à cette dernière question, car si toute nouvelle percée des Alpes devait être considérée comme préjudiciable ou indifférente aux intérêts français, il serait tout à fait oiseux de

comparer entre eux les divers passages proposés. C'est d'ailleurs à ce point de vue exclusivement français que nous nous plaçons ici, en défendant, devant les lecteurs techniciens et économistes du *Moniteur Industriel*, ce que nous estimons être la vérité, après une étude prolongée et consciencieuse de toutes les données du problème. Quoique Suisse d'origine, et habitant de nouveau la Suisse, l'auteur de cet article a fait ses études et son apprentissage pratique d'ingénieur en France ; il est demeuré profondément attaché à ce grand pays, qui était devenu pour lui une seconde patrie et qu'il n'eût probablement jamais quitté sans des circonstances particulières de famille et de santé. Il est resté d'ailleurs, par ses études et par l'amitié de ses collègues français, en contact avec toutes les questions industrielles qui intéressent la France. Ainsi il n'aura pas de peine à traiter le grand problème du percement des Alpes à un point de vue essentiellement français, sans manquer pour cela à sa patrie suisse. Le tunnel du Simplon dont il est un très ancien partisan et qu'il a souvent défendu autrefois contre les Gothardistes suisses, lui a toujours paru satisfaisant admirablement aux intérêts les plus importants des deux pays voisins, tout en profitant aussi à l'Italie. Les expériences économiques des dernières années n'ont fait que confirmer pour lui l'idée que cette voie nouvelle deviendra un immense bienfait pour le Nord et l'Est de la France, comme pour la Suisse occidentale et l'Italie centrale, en même temps qu'un lien précieux entre les trois nations, le contrepois le plus efficace, le plus sûr peut-être, contre la prépondérance économique de l'Allemagne en Italie et en Suisse.

Si le massif du Simplon n'offrait pas les avantages les plus décisifs, par sa constitution et sa position géographique, le Saint-Bernard pourrait encore, à la rigueur, réaliser le même but. Nous n'avons aucune hostilité préconçue contre ce dernier projet, mais nous estimons que des deux rivaux actuels, il convient de choisir celui qui atteint le plus sûrement l'objectif principal que doit se proposer toute nouvelle traversée des Alpes au point de vue français : la victoire du commerce d'exportation de France en Italie sur la concurrence allemande de plus en plus envahissante — et en seconde ligne, le maintien sur les réseaux français du transit belge, anglo-italien et anglo indien. La ligne qui réalisera le plus sûrement ce double but, sera par là même



la plus avantageuse pour les chemins de fer de la Suisse occidentale.

Avant d'aborder cette comparaison des deux projets, il s'agit d'établir que le commerce franco-italien, et les industries françaises qui l'alimentaient sont sérieusement éprouvées, depuis l'ouverture du tunnel du Saint-Gothard, par la concurrence allemande. Dans l'article cité, M. Simonin mettait toute la perte de l'exportation française en Italie, ainsi que la diminution des recettes des chemins de fer français, sur le compte du fameux krach de janvier 1882, et d'une crise industrielle générale en Europe. Mais pourquoi la France seule et parmi ses grandes compagnies de chemins de fer celle de Paris-Lyon-Méditerranée seule, ont-elles sérieusement souffert ? Cette dernière compagnie a perdu de 1882 à 1883, 6,01 p. c. de ses recettes par kilomètre pour tout l'ancien réseau, et 6,24 p. c. sur la ligne Rhône-Mont-Cenis en particulier. La même année, le Midi perdait, par kilomètre exploité, 2,57 p. c., le Nord 1,79 p. c., les autres réseaux encore moins (1). Comment voir là une simple coïncidence, l'année même qui suit l'ouverture du Saint-Gothard ? Sur la ligne Rhône-Mont-Cenis, la perte totale s'élève en 1883 à 402 959 fr., (au lieu de 158 000 fr en 1882), soit à 3 030 fr par kilomètre. A l'exception du réseau du Midi, où le phylloxéra paraît avoir exercé quelque influence, les autres grandes compagnies n'ont perdu que de 0,45 à 1,80 p. c. Peut-on affirmer en comparant ce chiffres aux 6,24 p. c. du Rhône-Mont-Cenis que « le Saint-Gothard n'y entre pour rien ou pour une cause insignifiante » selon l'expression employée par M. Simonin ? L'argument principal qu'il invoquait, le krach de 1882, est un fait qui heureusement ne s'est plus renouvelé depuis lors, et aujourd'hui il serait ridicule de le charger de tous les malheurs passés, présents et futurs.

Une autre cause de la diminution des exportations françaises, citée par M. Simonin, est plus réelle et plus constante quoiqu'elle tende plutôt à s'atténuer : c'est l'élévation des salaires et celle des prix de revient qui en résulte pour la fabrication française. L'Allemagne travaille à meilleur marché ; en exceptant les industries de bâtiment et de luxe dans les grandes villes, l'ouvrier allemand a moins de besoins que l'ouvrier français et anglais, et se contente en général d'un salaire plus modeste. Ceci est incontestable. Mais c'est là un mal ancien, si c'est un mal, profondément enraciné, qu'il

ne faut pas espérer voir disparaître du jour au lendemain. Dans tous les cas, le remède immédiat à cette situation n'est pas à la portée de l'Etat ou des chefs d'industrie français. Quant à l'amélioration des ports et de leur outillage, celle des rivières pour la navigation, la construction de canaux, que M. Simonin recommandait encore, ce sont de grosses questions dont on ne saurait sans doute exagérer l'importance, mais qui demandent beaucoup de temps et beaucoup d'argent. Et ce n'est pas en laissant détourner le transit au détriment de ses ports du Nord que le gouvernement français facilitera leur amélioration. D'ailleurs le meilleur outillage ne saurait remplacer à lui seul pour ces ports l'avantage de communications rapides avec l'Europe centrale et méridionale. Ces deux progrès se complètent au contraire et s'appellent mutuellement. Enfin, l'abaissement des tarifs sur les lignes françaises, préconisé par M. Simonin, constituerait dans la situation actuelle une perte fort inutile pour les actionnaires et l'Etat français garant de leurs intérêts — car l'Allemagne, tenant entre ses mains les gros atouts de la ligne du Gothard et des chemins de fer de l'Etat, pourra suivre tous ces abaissements et rester encore maîtresse de la situation aussi longtemps que le commerce français n'aura pour lutter que le Mont-Cenis ou la ressource précaire de se jeter dans les bras de la compagnie du Gothard, dirigée par ses adversaires.

Heureusement nous ne sommes pas seul de notre avis et, en France surtout, la cause que nous défendons ici a été plaidée par des voix bien plus éloquentes et plus autorisées. Si nous nous sommes arrêté si longtemps à discuter l'article de M. Simonin, c'est que, par le nom de son auteur, la réputation et le grand cercle de lecteurs cultivés de la revue dans laquelle il a paru, il reste le plaidoyer le plus important, soit le plus connu, contre la participation de la France à toute nouvelle percée des Alpes. Cet article a d'ailleurs repris et développé tous les arguments imaginés et invoqués antérieurement en faveur de cette thèse toujours chère à certains esprits du « laisser faire et laisser passer ». M. Simonin, qu'une mort prématurée a enlevé récemment à la science, fut un écrivain-ingénieur brillant, qui excellait comme personne à rendre les questions techniques attrayantes au grand public. Mais cette qualité même, que nous sommes loin de méconnaître, a ses dangers, surtout pour l'ingénieur qui doit faire passer l'exactitude et la logique avant l'agrément du langage. M. Simonin aimait à « céder à l'improvisation, » comme il le reconnaissait lui-même,

(1) Ces chiffres résultent des comptes de recettes pour 1882 et 1883 publiés par les compagnies citées.

en s'excusant d'une inexactitude relevée dans un de ses derniers discours à la Société de géographie. Malheureusement, ce goût pour l'improvisation se retrouve dans certains passages de ses écrits sur lesquels nous aurons l'occasion de revenir. Nous devons à la vérité d'insister sur ce côté faible de notre brillant et sympathique confrère, dont nous admirons sincèrement les grandes et réelles qualités. D'ailleurs, dans la question qui nous occupe, il finit par trahir sa vraie pensée par cette conclusion que lui inspirait le projet du Simplon.

« La France ne profiterait de ce chemin, « qui ne passe pas sur son territoire, que « pour son transit du nord et du nord-est, « ou une bande de pays enserrée entre Dun- « kerque et le Havre, *comprenant Paris et* « convergeant vers le Jura et Genève. Les « voyageurs et les marchandises suivraient « cette voie pour aller en Italie, et *outré les* « *deux ports déjà cités, Calais, Boulogne,* « *Dieppe, Rouen, profiteraient enfin de la* « *nouvelle voie. En revanche, nos ports du* « *Midi, ceux de la Méditerranée, seraient* « *sacrifiés, tels que Marseille et Cette. Le* « *Mont-Cenis serait aussi tenu en échec.* « Ce serait contre eux tous une nouvelle « concurrence ajoutée à celle du Gothard. « Pour cette raison, *la France n'est qu'à* « *demi-intéressée dans le projet du Sim-* « *plon, quoi qu'en ait pu écrire et conseiller* « M. Marteau, comme conclusion à son se- « cond rapport sur le Gothard. D'ailleurs, « notre situation financière est à cette heure « trop engagée pour que nous songions à « subventionner cette ligne. C'est à la Com- « pagnie du Simplon à s'entendre avec les « compagnies françaises intéressées à cette « œuvre, celle de l'Est d'abord, puis celle du « Nord et peut être aussi celle de P.-L.-M., « mais il n'y a pas grand'chose à attendre « sous formes de subventions des Etats tra- « versés. La Suisse et l'Italie nous paraissent être aussi obérées que la France. »

Quelqu'obérée qu'ait pu paraître à M. Simonin notre petite Suisse, elle a déjà trouvé plus de onze millions de subventions, et elle ne s'arrêtera pas là. Il lui sera permis de penser qu'avec un peu de bonne volonté, ses grandes voisines pourraient en trouver autant, et même plus, sans se ruiner et sans avoir à s'en repentir. Mais pour le moment, contentons-nous d'insister sur cet aveu de M. Simonin : La France est à demi-intéressée dans le projet du Simplon, soit pour une bande de terrain assez bien définie par les paroles mêmes de l'éminent publiciste que nous venons de citer. Or, *cette bande de terrain enserrée qui, de son aveu, comprend Paris et tous les grands ports du nord, et*

*qui, avec ses contrées industrielles tribu-  
taires, finit par représenter toute la moitié  
nord-est de la France, cette bande mérite  
bien quelque considération.* Mais qu'est-ce  
que tout cela, aux yeux de M. Simonin,  
en présence du sacrifice de Marseille et  
d'une nouvelle concurrence pour le Mont-  
Cenis ? Nous espérons montrer bientôt  
que sur ces deux points ses craintes n'é-  
taient pas plus justifiées que la quiétude du  
même écrivain au sujet du commerce franco-  
italien, en présence de la concurrence alle-  
mande. Au pire cas, le tort que le Simplon  
pourrait causer aujourd'hui à Marseille, n'est  
qu'un infiniment petit, comparé aux avanta-  
ges que toute une moitié de la France reti-  
rera de la même percée des Alpes.

Parmi les nombreux documents français  
dont les conclusions sont diamétralement  
opposées à celles de M. Simonin et de ses  
rares partisans, nous citerons surtout les  
rapports détaillés et trop peu répandus (1) de  
M. le consul A. Marteau, ancien rédacteur  
du *Journal du Havre*. Ce dernier avait été  
chargé en février 1882 par M. de Freycinet,  
alors président du conseil et ministre des  
affaires étrangères, d'étudier l'influence que  
pouvait avoir, au point de vue des intérêts  
français, l'ouverture du chemin de fer du  
Saint-Gothard. Au retour d'un voyage à tra-  
vers les contrées intéressées, M. Marteau  
adressa au ministère des affaires étrangères  
un premier rapport daté du 5 juillet 1882.  
Cette importante et consciencieuse étude  
plaçait dès l'abord la question sur son vrai  
terrain.

« Il convient, tout d'abord, dit le rapport,  
« de détruire une opinion qui est passée, en  
« quelque sorte, à l'état de légende. On a  
« coutume de dire que l'ouverture du chemin  
« de fer du Saint-Gothard va détourner de  
« la France le grand courant international de  
« marchandises et de voyageurs, en prove-  
« nance de l'Angleterre et à destination de  
« l'Orient, qui lui était acquis et assuré. Ce  
« grand courant n'existe pas en réalité, car  
« les marchandises anglaises à destination  
« des Indes prennent la mer dans les ports  
« anglais et non à Marseille ou à Brindisi.

« Mais si le transit à destination de l'Inde  
« et de l'extrême-Orient n'existe point, l'An-  
« gleterre ayant plus d'avantages à faire ses  
« transports par mer, il existe un autre tran-  
« sit qui, bien qu'il ne soit pas très consi-  
« dérable encore, mérite pourtant qu'on s'en  
« préoccupe pour le conserver et pour le dé-  
« velopper, ce qui est très possible. Je

(1) C'est au second de ces rapports que M. Simonin faisait allusion, avec d'autant plus de dédain qu'il n'avait point réussi à le réfuter.



« veux parler du trafic direct de l'Angleterre et de la Belgique avec l'Italie et vice versa. C'est ce transit que menace de nous enlever, en partie, sinon en totalité, la ligne du Saint-Gothard. »

D'après les relevés très bien établis par les Compagnies de l'Ouest et du P.-L.-M., qui concordent avec les statistiques de l'administration des douanes, ce travail représentait pour le mouvement dans les deux sens, 34 986 t, soit 35 000 t en 1881. « Ce trafic, » dit M. Marteau, « qui, d'année en année, s'accroissait dans de notables proportions, tendra à nous échapper si des mesures efficaces ne sont pas prises pour le retenir. »

« Enfin, une grande partie du trafic de Paris, de toute la partie Nord et Nord-Est de la France, qui se faisait jusqu'en 1882 par le Paris-Lyon, via Modane, était menacée également par la ligne du Saint-Gothard, d'accord avec la Compagnie française de l'Est. Ce détournement était rendu toujours plus facile, grâce au système de tarification en usage sur les chemins de fer suisses entre Bâle et Chiasso. » Et M. Marteau considérait avec raison comme « extrêmement fâcheux de voir le commerce français avec l'Italie, tributaire d'une voie ferrée directement soumise à l'influence des Allemands qui y sont déjà nos concurrents et qui vont le devenir plus encore. » Ces craintes ne se sont que trop réalisées.

Le même détournement menaçait aussi le transit des voyageurs du Nord de la France pour l'Italie, et de plus un mouvement annuel de 35 000 voyageurs, aller et retour, entre l'Angleterre et l'Italie, qui jusqu'alors se faisait exclusivement à travers la France.

« Il ne faut pas déshabituer les Anglais de passer par la France et par Paris, disait M. Marteau; il ne faut pas leur laisser prendre une route qui les rapproche de l'Allemagne. Il y a là plus qu'un intérêt commercial et il n'est pas besoin d'y insister. »

Malgré l'avantage de la distance pour la ligne du Gothard, les compagnies françaises de chemins de fer ont trouvé moyen de lutter sous ce dernier rapport, comme leur conseilait M. Marteau, par un abaissement de tarifs pour les voyageurs, tendant au moins à l'égalité de prix entre Londres (ou Paris) et Milan par les deux voies.

On voit que ces questions de transit ne sont pas des « quantités négligeables »; toutefois leur importance s'efface devant le préjudice bien plus considérable que doit supporter la France par la diminution de ses exportations en Italie. C'est le grand mérite de M. le consul Marteau d'avoir montré dès 1882 l'imminence de ce danger, et d'avoir

établi d'une manière incontestable les progrès rapides du mal dans ses rapports suivants de 1883 et 1884; dans son troisième rapport adressé au ministre le 20 octobre 1884, M. Marteau s'exprime comme suit :

« Les deux précédents rapports, remis au département aux dates des 5 juillet 1882 et 12 août 1883, émettaient l'opinion que, en contribuant puissamment à l'ouverture de la ligne du Saint-Gothard, l'Allemagne avait eu surtout en vue le développement de son commerce d'exportation avec l'Italie et les ports situés sur le littoral méditerranéen; ils exprimaient, en outre, la crainte que ce développement des échanges entre l'Allemagne et l'Italie ne se fit au préjudice de la France.

« Les faits sont venus, depuis lors, amplement confirmer ces prévisions. Déjà le rapport du 12 août 1883 signalait une diminution assez sensible dans nos exportations en Italie, en même temps qu'un accroissement sérieux de l'exportation des produits allemands dans la péninsule.

« L'année 1883 n'a fait qu'accentuer ce double mouvement. En effet, tandis que le commerce d'exportation de l'Allemagne avec l'Italie montait de 84 millions et demi à près de 114 millions, le nôtre tombait de 200 millions et demi à 176 millions et demi, en perte de près de 24 millions au commerce spécial.

« Pour bien apprécier la situation sous ce rapport, il faut remonter à 1881, année qui a précédé l'ouverture de la ligne du Saint-Gothard, et comparer le mouvement des échanges effectués entre la France et l'Italie d'une part, et entre l'Allemagne et le même pays de l'autre. »

Le résultat de cette comparaison, pour les années 1882 et 1883, est résumé par M. Marteau comme suit : « Perte de plus de 33 millions et demi de francs pour la France et bénéfice de près de 47 millions et demi (1) pour l'Allemagne, tel est le résultat de ces deux années 1882-1883, qui marquent le commencement de l'exploitation de la ligne du Saint-Gothard.

« C'est que, on peut bien le dire, cette ligne à peine ouverte, une véritable ava-

(1) 1881, exportations de France en Italie (commerce spécial)...	210 200 000 fr
1881, exportation d'Allemagne en Italie (commerce spécial) .....	66 500 000 —
1883, exportation de France en Italie (commerce spécial).....	176 600 000 —
1883, exportation d'Allemagne en Italie (commerce spécial).....	113 900 000 —

lanche de marchandises a roulé d'Allemagne en Italie.»

Ici M. Marteau s'appuie sur deux sortes de documents qui d'ailleurs se contrôlent et se complètent : ce sont les registres très exactement tenus de la douane suisse et le compte-rendu des opérations de la compagnie du Gothard. D'après les premiers, l'introduction des marchandises allemandes en transit par la Suisse s'accroît de 101 680 t en 1881, à 165 603 t en 1882, soit de 64 000 t et la sortie par les frontières italiennes monte, parallèlement, à 64 180 t.

En 1883, les excédants sur 1881 sont de 197 000 t pour les marchandises allemandes introduites en Suisse, et de 184 360 t pour les marchandises entrées par la frontière italienne.

« Ainsi, » conclut M. Marteau, « de 1881 à 1883, le transit sur l'Italie s'est élevé de 6 293 t à 184 360 t, au profit presque exclusif de l'Allemagne. Le parallélisme existe absolument : tout ce que gagne le mouvement de transit, c'est l'Italie qui l'absorbe exactement. Et pendant que l'Allemagne accroissait son transit, comme on vient de le voir, la France perdait plus de 30 000 t et son transit (à travers la Suisse) ne cessait de décroître. L'on ne saurait donc soutenir que l'ouverture de la ligne du Saint-Gothard nous a profité, ou que l'industrie française et le commerce de la France ont usé de cette voie de communication, quelques efforts qui aient été tentés pour les y décider. »

M. Marteau a recherché ensuite de quelle façon se décomposent ces marchandises allemandes de transit par la Suisse, et il a constaté d'abord que les produits métallurgiques y entrent pour une très grande part. Un tableau détaillé dressé d'après les registres de la douane suisse est fort instructif à cet égard. Il nous suffira de dire ici que l'Allemagne a déversé en 1883 en Italie plus de 80 000 t de produits métallurgiques, parmi lesquels nous noterons plus de 10 000 t de machines et pièces de machines, et plus de 58 000 t de fers bruts. Les autres marchandises se composent de produits fabriqués, tels que tissus de toute sorte, ouvrages en bois, cuirs, poteries, faïences, cristaux et verrerie, et aussi de voitures et wagons pour chemins de fer en assez grande quantité.

« Sans doute, dit M. Marteau, on peut objecter que dans ces 184 000 t de transit de l'Allemagne vers l'Italie figurent pour une certaine partie les produits anglais et belges, qui viennent en Italie par les chemins alsaciens-lorrains, et aussi quelques milliers de tonnes de produits français ; mais quand on aura évalué à 40 ou 50 000 t ce trafic, on lui

aura fait la part assez large et il restera encore, pour le trafic allemand, plus de 130 000 t de marchandises.

« Il convient de faire observer d'autre part que 8 400 t de produits métallurgiques sont repartis par le port de Gênes à destination des divers pays riverains de la Méditerranée, ce qui établit que l'Allemagne tend à se servir de Gênes comme port de transit.

« Ce mouvement paraîtra d'autant plus important que le mouvement total du transit par Modane n'a jamais dépassé 140 000 t pour toutes les marchandises, indistinctement, soit françaises, soit belges, soit anglaises ou suisses qui empruntaient cette voie. Ce transit, par Modane, qui était en 1881 de 136 000 t est tombé en 1883 à 112 000 pour se relever en 1882 à 128 000, grâce aux abaissements de tarifs consentis par la compagnie du P.-L.-M. Il n'en est pas moins acquis que, du premier coup, la ligne du Saint-Gothard a dépassé le chiffre du tonnage de la ligne du Mont-Cenis, arrêté tout net celle-ci dans son développement et paralysé sérieusement la production française. »

« Ce qui a été atteint également, c'est le transit italo-suisse, par Modane et la France. De 1881 à 1883, ce dernier est tombé de 47 760 t à 13 192, en perte de 35 000 t, dont a bénéficié la ligne du Saint-Gothard, ce à quoi, d'ailleurs, il était naturel de s'attendre..... »

L'Italie, qui avait donné 50 millions pour l'entreprise du Gothard, 15 millions de plus que l'Allemagne, n'a point vu ses exportations en Allemagne augmenter dans la même mesure. Pendant que cette dernière élevait en 1883 ses envois à 184 000 t, l'Italie, péniblement, atteignait pour les siens 51 000. Encore faut-il déduire de part et d'autre les marchandises de transit. On trouve alors 35 à 40 000 t de produits italiens proprement dits exportés en Allemagne, contre 130 000 t de produits allemands que l'Italie reçoit.

Ces chiffres, puisés par M. Marteau dans les registres des douanes suisses, sont confirmés par les rapports du conseil d'administration de la Compagnie du Gothard : Dès la première année complète d'exploitation (1883), le trafic du Gothard a en effet réalisé, ou à très peu près, les prévisions, donnant une recette totale de 11 586 797 fr, soit une recette kilométrique brute de 43 559,39 fr, et transportant 1 056 000 voyageurs, ainsi que 454 621 t de marchandises. Les dépenses d'exploitation atteignaient en revanche 49,94 p. c., ou exactement la moitié des recettes.

(En 1884, il y eut diminution sur les recettes des voyageurs par suite du choléra et

des mesures rigoureuses prises par le gouvernement italien à sa frontière. Mais cette baisse accidentelle a été rattrapée depuis longtemps.) (1)

D'après les chiffres du rapport de la Compagnie, on voit que pendant que le commerce d'exportation d'Allemagne en Italie s'est élevé de 1881 à 1883 de 66 millions et demi à près de 114 millions de francs, gagnant 47 millions et demi environ, l'exportation italienne en Allemagne ne s'élevait que d'environ 68 millions à 88 millions et demi de francs, ne progressant que de 20 millions et demi.

« L'Allemagne, » dit à ce propos M. Marteau, « n'a donc pas tiré de l'Italie tout ce que celle-ci espérait lui fournir. Par contre, elle l'a en quelque sorte inondée de ses produits. Il n'est pas une ville italienne qui n'en ait été saturée. Le mouvement a été si prompt que la vente n'a pu s'opérer aussi rapidement que l'arrivée et que beaucoup de marchandises sont encore en stock dans les entrepôts italiens. Il en résulte un avilissement de prix sur un grand nombre de produits italiens au détriment de l'industrie du pays; de là vient le mécontentement assez sérieux qui se manifeste chez les industriels de la Péninsule. »

Le ministre des finances du royaume d'Italie a publié des tableaux détaillés donnant par grandes catégories les modifications qui se sont produites, de 1881 à 1883, dans les exportations de l'Allemagne à destination de l'Italie. Ces tableaux montrent une augmentation sur toutes les catégories sauf une seule, celle des bois et pailles ouvrés, qui est d'ailleurs de peu d'importance; mais l'augmentation la plus notable c'est celle de 27 774 000 fr sur les produits métallurgiques. Viennent ensuite les boissons et spiritueux, les produits chimiques, les couleurs, les soies, les peaux, et surtout les faïences, porcelaines et verreries dont l'exportation a plus que doublé, enfin les céréales. L'augmentation sur chacune de ces dernières catégories varie entre 1 et 6 millions de francs.

Aux augmentations des exportations allemandes correspondent des diminutions simultanées pour les mêmes catégories des exportations françaises. Ainsi, M. Marteau constatait dans son second rapport, rien que pour les sept premiers mois d'exploitation (en 1882) de la ligne du Gothard : « une réduction

de deux millions de francs sur les tissus de soie; d'un million et demi sur les tissus de laine; de plus de 4 millions sur les tissus et passementeries de coton; de 3 millions sur les laines; d'un million sur les merceries, boutons et bibeloteries; de près de deux millions sur les faïences, verreries et cristaux; de près d'un million sur les ouvrages en bois. C'est donc bien notre fabrication française qui est menacée et nous ne sommes qu'au début de la lutte », ajoutait M. Marteau.

Les Allemands ne se tiennent point encore pour satisfaits de ces résultats, qui ne sont pour eux qu'un commencement. La chambre de commerce de Francfort-sur-Mein, dès 1882, dénonçait la double concurrence française et anglaise qui se permettait encore de menacer la conquête allemande : « La France », disait-elle dans son rapport, « cherche à obtenir des tarifs de transport moins élevés et à construire une voie de communication plus directe, meilleure et moins chère que le Saint-Gothard et le Montcenis. » (Cette dernière crainte ne devait malheureusement point se réaliser, du moins la France n'a rien fait depuis lors pour la justifier; mais en l'exprimant dans son rapport, la chambre nous montre ce que le commerce allemand redoute le plus.)

« L'Angleterre », ajoutait le même rapport, « cherche à se créer de nouveaux débouchés dans le nord de l'Italie, surtout pour ses charbons de terre. »

Cette lutte entre les charbons allemands et anglais a continué depuis lors, pour le plus grand bonheur des consommateurs italiens qui ont su en tirer tous les avantages sans se brouiller avec personne. D'après un rapport tout récent du consul italien, le charbon allemand qui se vendait à Milan 45 fr la tonne, n'y vaut plus aujourd'hui que 30 fr. L'Angleterre, tout en faisant payer ses bonnes qualités de houille 3 et 4 fr de plus que le charbon allemand, a conservé l'avantage pour toute la région au sud de Milan et sur cette place même. C'est à Côme seulement que commence, en remontant vers le nord, la zone desservie exclusivement par l'Allemagne. C'est là une sphère d'activité bien modeste pour les agents commerciaux allemands, venus en Italie dans l'intention avouée de l'inonder de leurs charbons, et dont le résultat le plus clair est d'encombrer les bords riants des lacs italiens de stocks formidables, peu faits pour en rehausser le charme.

Le maximum de cette invasion noire a été atteint en 1882, avec 70 000 t. Depuis lors, quoique le total de l'importation de charbon en Italie aille en augmentant, il y a baisse

(1) En 1885, la recette kilométrique atteignait de nouveau 39 563 fr; en 1886, elle a été de 38 230 fr soit un peu plus faible, mais les mois d'été de 1887 accusent une forte augmentation sur les mois correspondants de l'exercice précédent.

continue pour les houilles allemandes, dont le chiffre tombe en 1886 au-dessous de 54 000 t, ou 2,6 p. c. de l'importation totale en Italie. Pour lutter contre cette décroissance, l'association westphalienne pour les intérêts miniers a obtenu des Compagnies de chemins de fer allemands une nouvelle réduction de transport de 2 fr par tonne, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1887. Mais comme les Compagnies des chemins de fer suisses, qui transportent déjà les houilles de la Ruhr presque à perte, à raison de 0,0275 fr par tonne et par kilomètre, n'ont point voulu consentir à la nouvelle réduction de 10 à 12 p. c. qui leur était demandée, le résultat obtenu pour le premier trimestre de 1887 a été assez maigre. L'Angleterre maintient ses positions, fournissant toujours plus de 92 p. c. de l'importation totale de combustibles minéraux en Italie, ne laissant ainsi que 7,5 p. c. à partager entre l'Allemagne, la France et l'Autriche-Hongrie. Dans cette lutte limitée, la France tient encore le premier rang avec 86 921 t ou 2,9 p. c. d'importation totale en 1885, contre 68 000 t allemandes et 71 000 t autrichiennes (1).

Le percement du Simplon permettra sans doute aux houilles françaises, en particulier aux excellents coques de Blanzey, de compléter cette victoire et d'augmenter le chiffre de l'importation française en luttant avec succès à Milan, même contre les charbons anglais. Il convient toutefois de ne point exagérer, comme on l'a fait trop souvent, l'importance de cette lutte entre charbons français et allemands en Italie, où la part du lion restera toujours, par voie de mer, à la Grande-Bretagne.

Quant aux envois de fers allemands, ils ont subi l'influence de la crise métallurgique récente due à la surproduction et sont retombés, en 1885, à 8 327 wagons (d'après le rapport cité du consul italien). Mais cette diminution ne doit être que passagère, et sur ce terrain la lutte promet de devenir beaucoup plus intéressante que sur celui du commerce des houilles.

C'est en effet sur la catégorie des produits métallurgiques qu'a porté la plus forte augmentation des importations allemandes en Italie; nous avons vu plus haut que cette augmentation représente une valeur de près de 28 millions de francs. C'est aussi pour ces produits que les chemins de fer allemands ont accordé une des plus fortes réductions sur leurs prix de transport. La ligne du Simplon qui dispensera les maîtres de for-

ges de l'Est et du Nord de la France, de passer à l'avenir sous les fourches caudines des tarifs allemands, et qui évitera aux envois des usines du Centre le détour par le Mont-Cenis, permettra à la métallurgie française de reprendre sur les marchés de Milan et de l'Italie centrale le rang dû à la supériorité de ses produits. Le nouveau groupe sidérurgique de Meurthe-et-Moselle, qui a pris ces dernières années un développement si remarquable par la fabrication économique des fontes et des aciers Thomas et Martin, paraît appelé tout particulièrement, avec quelques établissements renommés du Centre et du Nord, à profiter des avantages du nouveau tunnel projeté. D'ici à son achèvement, il faut bien reconnaître que la Lombardie et l'Emilie, les provinces les plus industrielles de la Péninsule, restent pour ainsi dire fermées aux produits métallurgiques français.

En général, il est presque inutile de le rappeler, les tarifs de transport d'Allemagne en Italie sont essentiellement favorables à l'industrie allemande. La Compagnie du Gothard l'a favorisée dans une large mesure, en établissant des tarifs de transit direct, à travers la Suisse, à meilleur marché que les tarifs suisses et italo-suisses eux-mêmes (sans parler des tarifs exceptionnels « de faveur » accordés par cette compagnie à certains produits allemands). Ces tarifs sont, d'autre part, presque pour toutes les marchandises, inférieurs aux tarifs internationaux pour l'exportation des produits français en Italie, malgré les réductions adoptées récemment par la Compagnie P.-L.-M.

L'Allemagne, dont l'influence domine de plus en plus dans l'administration de la Compagnie du Gothard, a obtenu enfin des compagnies des chemins de fer suisses du Central et du Nord-Est, non sans une vive résistance de ces dernières, un abaissement extraordinaire de leurs tarifs généraux au profit du transit d'Allemagne en Italie. Et nous avons vu par la nouvelle réduction en faveur de houilles de la Ruhr qui a été demandée à ces compagnies pour 1887, que leurs concessions ne suffisent pas encore à l'Allemagne. Depuis quelques années, les financiers et spéculateurs allemands faisaient des efforts inouïs pour s'emparer de l'administration de la Compagnie Central Suisse. Tout récemment (fin de juin 1887) ils ont réussi à éliminer presque tous les noms suisses du conseil d'administration et à les remplacer par leurs créatures, ce qui leur permettra de dominer de plus en plus le tarif des lignes suisses à partir de Bâle aux dépens des cantons de langue française et de la Suisse en général.

(1) Ces données sur l'importation des houilles en Italie ont été empruntées à la belle étude de M. E. Gruner sur les « Associations et syndicats miniers en Allemagne », Paris 1887.



Contre cet envahissement de nos chemins de fer, quelques patriotes ne voient plus qu'un remède, le rachat de toutes les lignes par la Confédération. Mais cette solution, qui a d'ailleurs de graves inconvénients, ne saurait en aucun cas être très prochaine.

En attendant, un rapprochement, peut-être même une fusion complète entre les Compagnies Suisse Occidentale-Simplon et Jura-Berne-Lucerne, et surtout le prochain percement du Simplon, nous paraissent les meilleurs contrepoids à opposer à la suprématie économique de l'Allemagne en Suisse.

Nos pauvres forges jurassiennes, si cruellement éprouvées et décimées depuis une vingtaine d'années, avaient espéré un instant écouler une partie de leurs fers d'excellente qualité dans le nord de l'Italie par le Gothard. Mais, grâce aux merveilleux tarifs qui gouvernent cette ligne, les fers à destination de Chiasso (tête de ligne italienne au sud du Saint-Gothard), coûtent aujourd'hui, par vingt quintaux : de Dortmund (Westphalie), 29,45 fr, de Dusseldorf, 27,95 fr, de Strasbourg, 18 fr, de Lucerne, 29 fr, et de Bienne (gare située à proximité de nos dernières forges du Jura), 43 fr. Les prix de transport varient en raison inverse des distances.

On voit, par cet exemple, qui n'est point isolé, que la Suisse et même les cantons en apparence les plus intéressés au percement du Gothard, et qui y ont le plus contribué, n'ont pas lieu de s'en féliciter sous tous les rapports. Du moins, les avantages sérieux et incontestables que ce chemin de fer procure à une grande partie de notre pays, ont leurs revers tout aussi sérieux qui touchent à des intérêts tout aussi respectables. Il en est de même en Italie, surtout dans les provinces de Milan et de Novare, où l'on désire depuis longtemps une nouvelle percée des Alpes plus favorable à la France qu'à l'Allemagne, et permettant à la première de contrebalancer en quelque sorte la suprématie commerciale de l'Allemagne, devenue presque insupportable.

Après cette digression, revenons une dernière fois, au rapport de M. Amédée Marteau, pour en rappeler les conclusions trop oubliées et trop peu connues en France :

« Quelques économistes français ont paru croire qu'on pourrait remédier à cette situation par un abaissement de tarifs, sur les lignes françaises, spécialement sur celle de la compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, la plus intéressée dans cette question. Mais, en constatant que les prix de transport des marchandises sur la ligne du Saint-Gothard se font à 7,25 centimes par tonne et par kilomètre en moyenne, tandis que cette

base moyenne descend, sur le réseau du P.-L.-M., à 5,542 centimes, on est arrivé à reconnaître que c'est là une erreur, et qu'une lutte de tarifs, engagée sur le terrain actuel ne saurait répondre à ce qu'exigent et les intérêts de la France et les intérêts de la compagnie française, attendu que la compagnie internationale a une marge suffisante (plus d'un centime et 7 millimes) pour continuer à pratiquer le système d'abaissement dans lequel elle est déjà entrée largement en 1884.

« D'autre part, il ne faut pas perdre de vue que cette recette s'abaisse graduellement sur la ligne de transit du Rhône au Mont-Cenis; que cette baisse a été de 158 000 fr en 1882; de 472 000 fr pour 1883; de 188 873 fr du 1<sup>er</sup> janvier au 1<sup>er</sup> octobre 1884, soit, en moins de trois ans, près de 820 000 fr, ce qui pour 133 km exploités, constitue une diminution kilométrique assez sensible. Les intérêts de l'Etat français, garant de cette ligne, se trouvent ainsi, du même coup, gravement engagés et compromis.

« Donc un simple abaissement des tarifs, par la compagnie P.-L.-M., ne saurait être admis comme constituant un procédé suffisant si l'on n'y joint une autre mesure dont l'urgence apparaîtra plus vivement de jour en jour : c'est la création d'une voie nouvelle à travers les Alpes, qui présente une sensible abréviation de distance sur la ligne du Mont-Cenis. On ne peut, à cet égard, que s'en référer aux conclusions du rapport du 5 juillet 1882, relativement à la route par le Simplon. C'est la chose que redoutent le plus les Allemands, et les principales chambres de commerce de leur pays se sont faites souvent les échos de cette appréhension. *Abréviation de la distance et sacrifice sur les tarifs, c'est dans ces deux mesures combinées que se trouve le remède à une situation qui ne peut qu'empirer, si on la laisse se prolonger.* »

Nous avons donné beaucoup de place à ces rapports de M. le consul Marteau, car ce sont les documents les plus importants, les plus complets que l'on possède sur le côté commercial de la question des passages des Alpes. Ils répondent victorieusement par des faits et des chiffres bien établis que personne n'a réussi à réfuter, aux discours et articles optimistes de MM. Leroy-Beaulieu, Simonin, etc... Ces rapports servent aussi de points d'appui à tous ceux, et ils sont nombreux, qui ont réclamé énergiquement l'initiative de l'Etat français pour un percement des Alpes. Plusieurs grands journaux parisiens, les *Débats*, la *Paix*, le *Temps*, le *Messager de Paris*, le *Gaulois*, la *France*, le *Bien Public*, et surtout la *République Française*, inspirée par Gambetta, ont défendu cette thèse



qu'une nouvelle voie à travers les Alpes, plus rapide et plus économique que le Mont-Cenis, est nécessaire au commerce français pour soutenir la lutte contre la concurrence allemande en Italie, avec quelque chance de succès. Et à très peu d'exceptions près, tous ces journaux se sont prononcés pour le Simplon, de préférence à tout autre passage, ce projet seul offrant par les études complètes dont il a été l'objet (et par ses conditions géographiques et topographiques mêmes) de véritables garanties de réussite.

Sous l'empire, la première Compagnie du Simplon, connue sous le nom de Ligne d'Italie, avait de puissants protecteurs. Et peu de temps après la signature de la paix, des hommes politiques de tous les partis ont défendu la même cause. Parmi les plus chauds partisans du Simplon, nous pouvons citer MM. Foucher de Careil, Wilson, Baihaut, Pascal Duprat, Léon Renault, Raoul Duval, enfin Gambetta, qui a toujours su mettre le patriotisme au-dessus des intérêts de parti et de clocher. S'il vivait encore, nous n'aurions probablement pas vu disparaître de l'ordre du jour du parlement une question qui touche aux intérêts vitaux de la France.

Est-il nécessaire de rappeler que dès 1869, lors des premières négociations de l'Allemagne avec l'Italie et la Suisse pour le percement du Gothard, puis en 1870 et 1872, peu de temps avant et presque immédiatement après la guerre, les Chambres françaises s'occupèrent du projet du Simplon.

En juillet 1879, une réunion extra-parlementaire de sénateurs et de députés, (après avoir entendu un rapport très substantiel et très précis de M. Wilson, député d'Indre-et-Loire), a adopté à l'unanimité la résolution suivante : « La réunion décide qu'une commission sera chargée d'appeler l'attention des ministres des affaires étrangères, des travaux publics et des finances, sur les avantages qui résulteraient de l'exécution du tunnel du Simplon; cette commission priera le gouvernement français d'engager avec la Suisse et l'Italie les négociations nécessaires pour la réalisation de cette nouvelle traversée des Alpes. »

Le 25 novembre 1880, une proposition de loi était déposée à la Chambre par 109 députés, proposition visant une subvention de 5 millions par an pendant dix ans à mettre à la disposition du gouvernement pour être affectée à la traversée du Simplon. L'exposé des motifs se termine par ces paroles :

« La France pourrait-elle, sans méconnaître ce qu'elle se doit à elle-même et se montrer négligente de ses intérêts matériels et moraux, refuser à une entreprise qui ne saurait se réaliser en dehors de son intervention,

un concours dont l'importance a été précisée et dégagée par des études préliminaires consciencieuses et complètes? — Nous ne le pensons pas.

« La création d'une ligne concurrente à celle du Saint-Gothard se justifie par des considérations des plus positives et des plus pressantes : ce n'est pas, en effet, seulement la France, mais l'Italie, la Suisse et plusieurs autres nations de l'Europe qui sont intéressées au prompt achèvement de cette voie ferrée traversant la chaîne des Alpes au niveau de la plaine du Rhône. En contribuant à réaliser cette grande œuvre, la France ne fait que rester fidèle à son programme de relèvement pacifique par le travail, le commerce, l'industrie et la faveur accordée aux grandes entreprises qui rapprochent les peuples en facilitant l'échange de leurs produits, en rendant entre eux les communications plus rapides et moins onéreuses. »

Cette proposition, signée par 109 députés, donna naissance à deux propositions contraires, l'une de M. Dupont, partisan du Mont-Blanc, l'autre de M. Mayet, favorable au percement du Petit-Saint-Bernard. Toutes trois furent prises en considération, et envoyées à une commission qui conclut à la nécessité d'études nouvelles, principalement en ce qui concerne le Mont-Blanc. Le projet du Simplon n'était donc renvoyé par la Chambre que grâce à la jalousie (ou plutôt au dépit) des auteurs d'autres projets à l'état plus ou moins embryonnaire. Sans parler du Petit-Saint-Bernard, qui, à peine paru, a redisparu pour toujours, le projet du Mont-Blanc même n'a jamais osé affronter le grand jour et aura, par conséquent, toujours besoin « de nouvelles études. » Après tout, c'est peut-être là son principal mérite.

La fin de la législature en 1881, la chute du ministère Gambetta, puis les campagnes coloniales si coûteuses, les embarras financiers, les luttes absorbantes des partis ont fait oublier ou négliger peu à peu une question dont l'importance avait cependant frappé les hommes d'Etat de toutes les nuances politiques. Et ce calme plat commençait au moment même où les rapports de M. Marteau venaient mettre en évidence le danger signalé en vain avant l'ouverture de la ligne du Gothard.

Cependant c'est de cette époque d'indifférence officielle et parlementaire que date une nouvelle série de manifestations qui a bien son importance, parce qu'elle émane de corporations et d'organes particulièrement compétents en pareille matière. Les chambres de commerce des villes les plus importantes du Nord, de l'Est, du Centre et même

du Midi, entre autres celles de Paris, Rouen, du Havre, de Boulogne, Bordeaux, Lyon, Reims, Besançon, ne cessent de faire entendre des vœux motivés et pressants en faveur d'un nouveau percement. Tandis que la chambre de commerce de Lyon voyait la meilleure solution dans le projet du Mont-Blanc, la Société d'économie politique de la même ville applaudissait une belle étude dont la conclusion était favorable au Simplon. (1)

C'est aussi pour le Simplon que se sont prononcées toutes les autres chambres de commerce mentionnées, appuyées par la presse locale et parisienne, par les conseils municipaux de quelques-unes de ces riches cités, et par les conseils généraux de plusieurs départements.

Il serait trop long de citer tous ces vœux, tous ces appels réitérés au patriotisme éclairé des députés et du gouvernement français. Nous ne parlerons ici que de Rouen et de Paris, qui sont les champions les plus infatigables de la cause que nous défendons.

A Rouen, la société pour la défense des intérêts de la vallée de la Seine, sous l'impulsion de M. l'ingénieur de Coëne, connu par ses beaux travaux sur l'amélioration du port de Rouen, a inscrit sur son programme le percement du Simplon, comme le complément nécessaire de tous les progrès poursuivis par la société.

Le 20 avril 1882, celle-ci votait à l'unanimité une adresse au gouvernement demandant « que la construction du tunnel du Simplon soit mise à l'étude et que son exécution soit décidée dans le plus bref délai possible. »

Cette demande, transmise à la Chambre des députés et au Sénat, a été l'objet de rapports de M. le député Billot et de M. le sénateur Devaux qui tous deux concluaient à la prise en considération de la pétition : Voici les conclusions de M. le député Billot : « Ce rapport (la pétition de la Société) résume d'une manière claire, précise, les avantages commerciaux qui résulteraient pour la France en général, et pour le bassin de la Seine en particulier, de l'établissement d'une voie ferrée à travers le Simplon. Aussi a-t-il fixé d'une manière toute particulière notre attention et sommes-nous d'avis, en présence de la concurrence désastreuse faite à notre

*commerce par la ligne du Saint-Gothard alimentée par les ports belges et hollandais au détriment des ports français, que la construction de la ligne du tunnel du Simplon soit mise à l'étude et que son exécution soit décidée dans le plus bref délai. »*

Le 23 janvier 1884, la même Société pour la défense des intérêts de la Seine jugeait à propos de rappeler au gouvernement sa demande du 20 avril 1882, en adressant par l'organe de son éminent président, M. de Coëne, une lettre à M. le ministre des affaires étrangères : « Jusqu'à présent, dit la lettre, cette question n'a pas reçu de solution et les craintes que nous avions exprimées sur les dangers de l'ouverture de la ligne du Saint-Gothard se sont réalisées... » M. de Coëne touche ensuite un point important sur lequel nous reviendrons plus tard, parce qu'il tend à élever la question bien au-dessus de tous les intérêts locaux ; il sera ainsi mieux placé à la fin de la première partie de notre étude.

En attendant, revenons à Rouen et enregistrons une résolution de la chambre de commerce de cette ville, datée du 16 novembre et prise à la suite d'un remarquable rapport de M. Felix Lefebvre : « La chambre, persévérant dans l'opinion exprimée par elle en 1880 et 1881 relativement au percement du Simplon, émet de nouveau le vœu *que la construction du tunnel du Simplon soit mise à l'étude, et que son exécution et celle de tous les travaux qui s'y rattachent soient prononcées par les Chambres dans le plus bref délai possible.* Elle décide en outre que copie de la présente délibération sera adressée à Messieurs les sénateurs et députés de la Seine-Inférieure. »

Enfin, le 2 mars 1883, la Société industrielle de Rouen, qui avait déjà, en août 1880, renouvelé un ancien vœu en faveur du Simplon, entendait la lecture d'un travail de M. H. Turpin sur le Simplon qui a valu à son auteur, dit le *Bulletin de la Société*, des remerciements unanimes. En terminant, M. Turpin émettait le vœu « *qu'il se fasse, autour de la question du Simplon, une agitation pacifique qui le fasse sortir de la période d'études qui a trop longtemps duré, et le conduise enfin vers une solution pratique et définitive.* »

« Les plaintes du commerce d'exportation sont nombreuses », ajoutait M. Turpin, « la concurrence étrangère prend des proportions considérables et nous menace sur tous les marchés ; il n'y a donc plus un moment à perdre pour améliorer nos voies de transport internationales. Nous prions instamment les députés et sénateurs de notre région, de prendre en mains, devant le Parle-

(1) Le *Nouvelliste de Lyon* donnait un résumé de cette étude en ajoutant : « Ce sujet vient d'être traité par M. Jules Combeffort avec la largeur de vues qui le caractérise, et avec une connaissance approfondie de tout ce qui touche aux questions économiques et financières. »

ment, la défense de cette grave et importante question. »

Dans la discussion qui suivit, M. l'ingénieur de Coëne demanda « que le rapport appuie particulièrement sur la situation privilégiée du port de Rouen dans le bassin commercial du Simplon et, en général, dans le transit de l'Amérique à travers la France ».

Paris ne s'est point laissé devancer par Rouen dans cette lutte pour une nouvelle trouée des Alpes à travers le Simplon.

Le Conseil général de la Seine soutient depuis longtemps cette cause avec l'autorité que lui donne le prestige de Paris, et par des arguments vigoureux présentés d'une façon magistrale par M. le conseiller général Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées. L'éminent ingénieur en chef de l'ancienne « Ligne d'Italie » avait indiqué dès 1860 la vraie solution de l'avenir, *le tunnel de base*, que le Simplon seul rend possible. Il a développé cette idée dans plusieurs écrits restés classiques dans la littérature des passages des Alpes. Dans le plus connu de ces travaux, « Le Simplon devant les Chambres françaises » (1), M. Vauthier insistait tout particulièrement sur *le transit anglais et américain « que la France était à la veille de laisser échapper »*. Ces 235 000 t, poids moyen du transit dans les dix années écoulées de 1867 à 1876, d'après le tableau décennal du commerce de la France, ne sont en aucun état de cause à dédaigner, surtout si l'on songe, comme dit M. Vauthier, « que la plupart de ces marchandises sont des marchandises chères qui peuvent supporter le plus souvent les frais de grande vitesse ».

Le 13 décembre 1883 M. Vauthier présentait au Conseil général de la Seine un rapport important dont nous ne pouvons donner ici que les derniers considérants et les conclusions adoptées par le Conseil dans sa séance du 31 décembre 1883 :

« Le chancelier de fer juge que la France n'a pas été assez amoindrie par les luttes des champs de bataille. Il veut consommer par les défaites économiques ce qu'il a commencé par le fer et le feu. Dans cette lutte nouvelle il apporte la même âpreté, la même dureté d'esprit, mais aussi la même sûreté de coup d'œil que celle dont nous avons déjà souffert. Le percement du Gothard, repris dès 1872, n'est pas son seul élément d'action ; mais il était destiné par lui à la plus haute importance pour resserrer les liens de tout genre entre l'Allemagne et l'Italie. Ses calculs ne sont pas déjoués par l'événement. La France restera-t-elle inac-

tive ? Nous espérons que non. Mais il faudrait qu'elle se décidât. Il n'est que temps.

« On ne transforme que lentement la direction d'idées d'une nation. L'Allemagne émigre. La France est casanière. Ce ne sont pas nos nationaux qui iront individuellement lutter, à Milan et dans la haute Italie, contre les uhlands commerciaux de l'Allemagne qui y pullulent. C'est une raison de plus pour que le gouvernement français fasse la seule chose qui lui soit possible pour obtenir des transports moins élevés ; qu'il construise vers Milan une voie de communication meilleure et moins chère que le Gothard et le Mont-Cenis. »

« Le Conseil général de la Seine l'a dit chaque fois qu'il a eu cette question à traiter (1) : Les questions techniques ne sont pas de son ressort. Avec la Chambre de commerce de Paris, qui l'a exprimé dans sa résolution du 8 juin 1881, *il croit la percée du Simplon supérieure à toutes celles qu'on peut lui opposer, et se prononce pour elle* ; mais il n'entend pas dire que la question soit absolument résolue. Ce qu'il demande, c'est que cette question soit immédiatement étudiée et qu'on se prononce. *Ce qu'il demande, c'est qu'on ne s'arrête pas à de petites raisons ; qu'on voie nettement le gros intérêt national en jeu ; qu'on ne le laisse pas plus longtemps en souffrance et qu'on aboutisse.*

« C'est dans ce sentiment patriotique que le conseil général de la Seine, s'associant aux Conclusions du 8 octobre 1882 de la 8<sup>e</sup> commission des pétitions de la Chambre, renouvelle dans les mêmes termes, avec la proposition qui lui est soumise, le vœu émis par cette commission : « Que la construction de la ligne et du tunnel du Simplon soit mise à l'étude et que son exécution soit décidée dans le plus bref délai possible. »

Si nous ne craignons d'abuser de la patience de nos lecteurs, nous pourrions multiplier ces citations de vœux, émanant des organes les plus autorisés, en faveur d'une nouvelle percée des Alpes, et visant presque tous le Simplon, à l'exclusion des autres passages proposés. Aucune étude sérieuse n'ayant réussi à infirmer les chiffres et arguments invoqués et aucun changement favorable au commerce français n'étant survenu depuis 1884, nous avons le droit de nous appuyer sur ces manifestations, autant et plus sûrement même que si elles étaient d'hier.

Les seules appréhensions qu'on leur oppose

(1) Le Conseil général avait émis déjà plusieurs vœux en faveur du Simplon, en particulier le 14 novembre 1874, le 5 décembre 1876, le 1<sup>er</sup> août 1879 et le 18 décembre 1882.

encore quelquefois sont fondées sur le tort que la nouvelle ligne internationale pourrait faire au Mont-Cenis et au port de Marseille.

Pour la ligne du Mont-Cenis, il est incontestable qu'un nouveau passage, placé entre elle et le Saint-Gothard, doit lui enlever une partie de son trafic actuel. Mais l'étendue de cette perte dépendra du choix du nouveau tunnel. Or, l'examen des solutions proposées nous montrera bientôt, qu'à ce point de vue spécial encore le Simplon mérite la préférence, tandis que le Saint-Bernard et surtout le Mont-Blanc deviendraient de véritables doublures du Mont-Cenis. Enfin, il est presque inutile de rappeler que la grande compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée sera toujours sûre de gagner par la nouvelle ligne ce qu'elle pourra perdre sur la ligne du Rhône au Mont-Cenis, et même bien au delà, si le passage choisi est capable de faire une concurrence sérieuse au Gothard.

Quant à Marseille, l'argument tiré du préjudice qu'une nouvelle percée des Alpes pourrait lui causer nous paraît encore moins fondé en réalité. Des juges plus compétents que nous l'ont dit depuis longtemps : le Gothard a enlevé au port de Marseille tout le trafic qu'il pouvait perdre, et un nouveau tunnel alpin ne peut rien prendre de plus. D'ailleurs, la participation du gouvernement français et celle de la puissante compagnie P.-L.-M. auraient permis d'obtenir en faveur de Marseille des tarifs spéciaux, au moyen de conventions avec les chemins de fer suisses, et de protéger ainsi le grand port français contre la concurrence de Gênes, alliée du Gothard.

Aujourd'hui, du reste, le tarif 442, que le conseil fédéral avait tenté d'abolir sous l'influence de la compagnie du Gothard, mais qu'il dut maintenir grâce aux réclamations énergiques des intéressés suisses, suffit à assurer à Marseille l'approvisionnement des principales places suisses, et au besoin même celui de quelques villes de l'Allemagne du Sud. Notre pays (et la Suisse allemande comme la Suisse française) a tout intérêt à entretenir les meilleurs rapports avec le Midi de la France et avec la place de Marseille en particulier, ainsi qu'à réagir contre la prépondérance de la compagnie du Gothard, qui a la main pesante pour nous. La France ne pouvait réagir elle-même plus sûrement contre cette prépondérance de l'influence allemande en Suisse et en Italie qu'en prêtant son concours à l'entreprise de la nouvelle ligne internationale à travers les Alpes.

Nous ne saurions mieux compléter notre pensée qu'en citant ici la suite de la lettre

(mentionnée plus haut), adressée par M. l'ingénieur de Coëne au ministre des affaires étrangères, au nom de la Société pour la défense des intérêts de la vallée de la Seine :

« Notre société croit devoir appeler votre attention sur un point qu'elle n'a pas indiqué jusqu'à présent, mais qu'elle considère comme d'une importance non moins grande pour notre pays. Il est évident que les chemins de fer exercent une influence prédominante dans les relations de peuple à peuple. Les tarifs des chemins de fer internationaux constituent entre deux pays une sorte de « Zollverein » qui a pour effet de solidariser les intérêts et qui, par voie de conséquence, sert à former entre les peuples des traités tacites, mais qui n'en sont pas moins d'une grande valeur.

« Vous n'ignorez pas, Monsieur le Ministre, que le Zollverein allemand, créé pour des relations de douane, a été grandement fortifié par l'union des chemins de fer allemands. On peut dire sans exagération que cette situation a été une cause prédominante de l'unité allemande, si menaçante pour la France. Or, pour le Gothard, l'Allemagne cherche à réaliser avec la Suisse une union du même genre que le Zollverein des chemins de fer en Allemagne. Les intérêts de la Suisse allemande se solidarisent de plus en plus avec ceux de l'Allemagne, grâce au percement du Gothard ; il en résulte pour la France une situation de grande infériorité au point de vue politique.

« Nous pensons que, pour réagir contre cet état de choses qui ne tendrait à rien de moins qu'à détacher matériellement et politiquement la Suisse de la France, il conviendrait de faire exécuter, dans le plus bref délai possible, le tunnel du Simplon pour rétablir une intime union entre la France et la Suisse, en constituant entre les deux pays un lien d'intérêt qui est la meilleure garantie à établir entre les deux peuples... »

Ces paroles patriotiques du représentant autorisé d'une des premières villes de France méritaient bien d'être prises en considération. Mais elles ne paraissent pas avoir rencontré beaucoup de sympathie dans les régions officielles. Par son abstention complète, le gouvernement prive la France d'une partie, sinon de la totalité des avantages que la nouvelle ligne internationale pouvait lui procurer, même pour le cas, de plus en plus probable, où cette entreprise devrait être menée à bonne fin par l'Italie et la Suisse seules. La France renonce ainsi au droit d'intervenir comme puissance signataire d'un traité international, où elle paraissait ap-



pelée à jouer le premier rôle et à équilibrer celui que l'Allemagne a su prendre dans le traité du Gothard. Nous craignons qu'elle n'ait un jour à regretter une économie plus apparente que réelle, et son indifférence vis-à-vis d'une question qui touche à une si grande somme d'intérêts français. Enfin, nous aurons l'occasion de parler plus tard d'une autre conséquence de cette situation, en comparant le projet du Simplon de 1881, qui comptait encore sur le concours de la France, à celui de 1883, auquel il a fallu s'arrêter par suite de son abstention.

Quoi qu'il en soit, nous croyons avoir démontré deux premières vérités, en nous fondant sur des documents et des chiffres irréfutables, sur l'avis motivé d'éminents écono-

mistes et ingénieurs, et sur les vœux émis par les autorités les plus compétentes, à savoir :

1° *Que la ligne du Gothard fait subir à la France, à son commerce, à son industrie, à ses ports et à ses chemins de fer, des pertes considérables qui menacent d'aller toujours en augmentant;*

2° *Que ces pertes ne pourront être réparées et évitées à l'avenir qu'à la seule condition de percer à travers le massif central des Alpes une nouvelle voie, capable de soutenir la lutte contre celle du Saint-Gothard.*

Il nous reste à établir que :

*Le Simplon, et le Simplon seul peut fournir une solution certaine et complète de ce grand problème économique.*

#### ÉTUDE COMPARATIVE DES TROIS PROJETS RIVAUX AU POINT DE VUE DES DISTANCES

Dans une étude intitulée : « La France et la concurrence étrangère », M. de Boutarel (1) a insisté, en termes saisissants, sur la nécessité d'une nouvelle trouée des Alpes pour soutenir la lutte contre la concurrence allemande en Italie, et déterminé très nettement les conditions géographiques que ce but principal impose à la nouvelle voie internationale :

« Paris, dit M. de Boutarel, est le centre de la région avec laquelle l'industrie allemande est actuellement le plus en lutte. Ce qui sera vrai pour lui, relativement au Saint-Gothard, le deviendra également pour tout le bassin commercial que des intérêts identiques attirent vers la même issue.

« D'un autre côté, Milan est situé au milieu de la population la plus dense et la plus active de l'Italie, sur la route directe de l'Emilie, ce vaste territoire qui comprend, sous une dénomination ancienne restée usuelle, l'ensemble des contrées manufacturières et commerçantes de Bologne, de Parme et de Modène. C'est là, dans ces deux régions, en même temps industrielles et agricoles, que l'Allemagne, encore séparée d'elles, avait entrevu un redoublement d'exportation pour ses usines.

« Nous n'avons plus désormais qu'à chercher le remède à un état de choses qui ne peut qu'empirer. Il ne nous est évidemment possible de le trouver que dans une ligne gagnant le Saint-Gothard de vitesse, aboutissant au même point terminal, Milan, drai-

nant de nouveau à notre profit le transit que l'Allemagne vient de nous ravir, en permettant à nos produits, grâce à un transport moins onéreux, de lutter avec l'industrie d'outre-Rhin sur le marché consommateur de la Lombardie et de l'Emilie. A ce dernier point de vue, plus important pour nous que tous les autres, le trajet de Paris à Milan est nécessairement celui que la ligne à construire doit avoir pour objet. Le tracé qui viserait d'abord le Piémont et n'arriverait en Lombardie qu'après un détour, n'atteindrait en aucune façon le but poursuivi, qui est d'établir une communication plus directe de notre bassin commercial du Nord et de l'Est avec le Milanais et non avec Turin. Ce n'est pas sur le Piémont que le Saint-Gothard avait porté ses vues. De ce côté, il ne peut rivaliser avec le Mont-Cenis, par la voie duquel nous le gagnerons toujours de vitesse. Le danger est à Milan et à Plaisance, où l'Allemagne arrive désormais à meilleur compte que nous; il annulera sans tarder une grande partie de notre exportation, sans préjudice du transit que ses chemins nous enlèvent déjà.

« Le problème se réduit donc à ceci : Trouver un nouveau tunnel alpin permettant aux chemins français de faire arriver à Milan, plus rapidement que par le Saint-Gothard, les marchandises de l'Angleterre, de la Belgique et de la zone française septentrionale. Toute la question est là. Assurée par le Mont-Cenis, l'exploitation du Piémont n'a rien à y voir. »

Les considérations qui précèdent impliquent la condamnation formelle des lignes du Mont-Blanc et du Saint-Bernard, qui aboutissent l'une comme l'autre à Aoste et Chivasso.

« Loin de pouvoir concurrencer la ligne du

(1) Ce beau travail a paru en 1883 dans le journal *l'Union*, et a été présenté l'année suivante par son auteur, sous une forme plus condensée, à l'Académie des sciences morales et politiques.

Gothard », dit M. de Boutarel, « la voie du Mont-Blanc n'aurait d'autre résultat que de porter un préjudice réel au Mont-Cenis en créant une nouvelle communication avec le Piémont. »

M. de Boutarel se montre plus indulgent pour le projet du Grand-Saint-Bernard, auquel il accorde un avantage de 7 km sur le Saint-Gothard. « Mais l'altitude considérable du point culminant, ajoute-t-il, créerait des difficultés d'exploitation qui rendraient ce raccourcissement illusoire. »

En prenant pour objectif principal Milan, M. de Boutarel se trouve d'accord avec la plupart des ingénieurs et économistes qui ont étudié la question au point de vue des intérêts français.

C'est en particulier l'opinion de la commission de la Chambre des députés, à laquelle furent renvoyées en 1881 les propositions relatives au percement du Simplon et du Mont Blanc, soit celle de la sous-commission choisie dans son sein, composée de trois députés ingénieurs, MM. Lesguillier (Aisne), F. Reymond (Loire) et Brossard (Loire).

Le rapporteur de cette sous-commission, M. Lesguillier, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qui était alors directeur des chemins de fer de l'Etat (et devint plus tard sous-secrétaire d'Etat aux travaux publics sous le ministère Gambetta), s'exprimait comme suit :

« Ce n'est que dans la haute Italie que nous avons à redouter la concurrence allemande. Ce n'est que là aussi que nous pouvons soutenir avantageusement la lutte contre les industries belge et allemande. Le centre et le midi de la France sont bien reliés à la haute Italie par le Mont-Cenis et la ligne du littoral. En ouvrant un nouveau passage à travers les Alpes, nous devons donc chercher à établir une route aussi directe que possible entre le nord de la France et la haute Italie.

« Nous nous sommes assurés que, pour presque tous les centres industriels et commerciaux du Nord, les itinéraires les plus avantageux sont ceux passant par Paris. Si on n'envisageait que la question commerciale, le meilleur tracé serait évidemment celui qui reliait le plus directement Paris à Milan. »

D'autre part, M. Noblemaire, l'éminent directeur de la Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée, invité par la même commission d'enquête à présenter ses observations au sujet de cette question qui doit intéresser à un si haut degré la puissante Compagnie, a insisté principalement sur les relations importantes entre Milan, la capitale

commerciale de l'Italie, et Paris : « Toute mesure qui aura pour but de réduire la distance entre ces deux points peut avoir, a-t-il dit, sa raison d'être. Une percée du Mont-Blanc ne présenterait à cet égard aucun intérêt. »

Ainsi, d'après l'opinion des hommes les plus compétents, *le problème à résoudre se réduit, en dernière analyse, à établir la voie la plus directe, la plus rapide et la plus économique entre Paris et Milan...*

(Nous entendons ici par « la voie la plus économique », celle qui est la moins chère pour le voyageur et le commerçant expéditeur destinés à en profiter. La question très différente du coût de l'établissement de ces lignes sera traitée plus tard séparément.)

Supposons un instant que l'Europe soit une vaste plaine sans la moindre déclivité; dans ce cas, la voie la plus directe entre deux extrêmes donnés sera en même temps la plus rapide et la plus économique. En traçant, sur une bonne carte, une ligne droite entre Paris et Milan, nous aurons donc la solution idéale, impraticable en réalité, mais dont il s'agit de se rapprocher autant que possible. Nos lecteurs pourront se servir de ce moyen très simple pour porter un premier jugement sur la valeur relative de chacun des projets rivaux (indépendamment de la question d'altitude qui sera le vrai triomphe du Simplon).

Nous aurions pu joindre à un numéro du *Moniteur industriel* une carte explicative, mais, réflexion faite, nous préférons laisser chacun de nos lecteurs se rendre compte de la chose par lui-même, et sur la première carte venue d'Europe. Trop souvent des cartes spéciales se sont ressenties des préoccupations de leur auteur. Tout récemment encore, pareille chose est arrivée aux promoteurs du Grand-Saint-Bernard, malgré eux sans doute. Or, nous préférons éviter même le soupçon d'un « mouvement nerveux » semblable, dont la cause du Simplon n'a, du reste, pas le moindre besoin.

Notons que la droite Paris-Milan est bien près de coïncider avec la droite Paris-Plaisance, qui passe par le nœud des chemins de fer italiens et dont le prolongement se dirige sur Brindisi. Pour l'examen sommaire que nous proposons à nos lecteurs, on peut dire qu'il est presque indifférent de prendre pour terme de comparaison l'itinéraire Paris-Milan ou celui de Paris à Plaisance pour les différentes voies construites ou proposées. Et ces deux itinéraires presque identiques résument en quelque sorte, le premier la question commerciale, le second la question du transit à travers la France.

La ligne du Petit-Saint-Bernard ayant été



écartée d'emblée par la commission parlementaire comme trop rapprochée du Mont-Cenis, nous ne nous occuperons ici que des trois projets du Mont-Blanc, du Grand-Saint-Bernard ou, plus exactement, du col Ferret, et du Simplon. La grande ligne Paris-Dijon deviendra en réalité la première partie de chacune des trois voies rivales.

Ce n'est qu'à partir de Dijon que la ligne du Mont-Blanc se sépare des deux autres en passant par Mâcon, Bourg, Ambérieu, Culoz, Collonges (Genève), Annemasse. De là, elle se dirigerait par la vallée de l'Arve sur Chamounix, passerait en tunnel sous le Mont-Blanc, puis descendrait de Pré-Saint-Didier sur Aoste, Ivée, Chivasso, et de cette dernière station sur Turin d'un côté, sur Santhia, Novare et Milan de l'autre. Les auteurs du Mont-Blanc comptent d'ailleurs sur une ligne directe entre Ivée et Santhia, évitant le coude de Chivasso.

Les voies Paris-Grand-Saint-Bernard et Paris-Simplon emprunteraient l'une comme l'autre la ligne de Dijon à Lausanne par Dôle, Mouchard, Pontarlier et Vallorbes (ligne qui pourrait être abrégée et améliorée par le raccourci Frasné-Vallorbes, avec tunnel sous le Mont-d'Or, dont il sera parlé plus loin). De Lausanne, les deux lignes rivales suivront encore le réseau de la Suisse occidentale, la première jusqu'à Martigny, la seconde jusqu'à Viège ou Brigue (suivant qu'on adoptera définitivement le dernier projet de 1886 ou celui de 1882 avec tunnel plus long et plus bas).

A Martigny commence la traversée proprement dite du Saint-Bernard, en particulier celle du col Ferret (avec tunnel de faite à 1620 m) qui aboutit sur le versant italien à Aoste. A partir de cette station, la ligne du Saint-Bernard se confondrait avec son autre rivale du Mont-Blanc.

Quant au tunnel du Simplon, il commence tout près de Brigue pour déboucher du côté sud à Iselle (projet I de 1882) ou à Gondo (projet II de 1886), puis la ligne descend à ciel ouvert sur Domo d'Ossola qui, dès le printemps 1888, se trouvera relié à Novare par le nouveau tronçon Domo-Gozzano.

Une autre ligne plus directe pour Milan, dont les études sont terminées depuis longtemps et dont la construction commencera probablement aussitôt que celle du Simplon sera décidée, se détache de la ligne Domo-Gozzano à Ornavasso et se dirige de là sur Arona en longeant la rive droite du lac Majeur (à une hauteur suffisante pour éviter de coûteuses expropriations).

Ce tronçon Ornavasso-Arona s'applique parfaitement sur la droite idéale Paris-Milan.

Ainsi, en résumé, il y a lieu de comparer :

La ligne du Mont-Blanc, par Dijon, Mâcon, Bourg, Bellegarde, Collonges, Annemasse, Chamounix, Aoste, Ivée, Santhia, Novare;

La ligne du Saint-Bernard, par Dijon, Pontarlier, Lausanne, Martigny, Aoste, Ivée, Santhia, Novare;

Et la ligne du Simplon, par Dijon, Lausanne, Martigny, Brigue, Domo d'Ossola, Ornavasso, Gozzano (ou Arona).

Il est facile de se rendre compte, par un simple coup d'œil sur la carte, que des trois lignes ainsi esquissées, celle du Simplon (par Arona surtout) est la plus rapprochée de la droite Paris-Milan, et que celle du Mont-Blanc s'en écarte beaucoup plus que ses deux rivales.

On remarquera d'autre part que les tracés du Mont-Blanc et du Saint-Bernard sont en entier situés à l'ouest de la droite Paris-Milan, tandis que celui du Simplon à partir de Sierre, soit la traversée même des Alpes et toute la partie italienne tombe à l'est de cette droite. On peut en conclure immédiatement que le Simplon doit découper son bassin commercial (en grande partie du moins) dans celui du Gothard, tandis que les deux autres voies empiètent surtout sur le domaine actuel du Mont-Cenis, sans entamer sérieusement celui du Gothard.

On peut encore s'assurer que le tunnel projeté du Simplon et ses lignes d'accès sud, jusqu'à Domo d'Ossola, se trouvent sur la droite qui joint Calais à Plaisance, ou, plus exactement, sur celle qui joint Londres, par Boulogne, à Plaisance.

Ainsi, sans recourir à aucun chiffre et en faisant abstraction complète des déclivités, soit de l'avantage capital du Simplon, on voit déjà que cette voie est la plus directe entre Plaisance, nœud des chemins italiens, et les grands ports du nord de la France, en même temps qu'entre Paris et Milan. Elle est à la fois la plus courte pour le transit américain par le Havre, Rouen, Paris, Dijon, Pontarlier, et pour le transit anglo-italien ou anglo-indien de grande vitesse par Calais (ou Boulogne), Amiens, Reims, Châlons-sur-Marne, Gray, Dôle, Pontarlier.

En Suisse, il est vrai, la droite Paris-Milan passe à l'est du réseau de la Suisse occidentale et coupe obliquement la chaîne des Alpes valaisannes entre Sion et Sierre. Mais un chemin de fer dirigé suivant cette droite à travers la Suisse rencontrerait des difficultés énormes, obligé de traverser successivement le Jura, les Alpes bernoises et le massif le plus formidable des Alpes valaisannes.

La vallée de l'Arve qui conduit au Mont-Blanc et la vallée du Rhône déjà parcourue par un chemin de fer offrent les deux seules

solutions possibles. La première toutefois serait encore à créer dans des conditions très difficiles et mal étudiées. La seconde au contraire est réalisée depuis plusieurs années jusqu'à l'entrée du tunnel à percer, au moyen d'une ligne de plaine dont les rampes ne dépassent jamais 12 pour mille, et à laquelle les digues du Rhône servent le plus souvent de remblais.

Malheureusement le Rhône forme à Martigny un coude célèbre qui rend inévitable une déviation du tracé vers le sud-ouest entre l'extrémité du lac Léman et Martigny. La traversée du Grand Saint Bernard prolonge cette déviation par Aoste jusqu'à Ivry (en faisant abstraction des sinuosités nombreuses et très prononcées), puis reprend la direction nord-est pour atteindre Milan.

Le tracé du Simplon au contraire reprend dès Martigny, en suivant le Rhône, la direction est jusqu'à Brigue pour se diriger de là en ligne presque droite sur Milan par Arona, ou sur Novare par Gozzano.

Ainsi les tracés du Grand St-Bernard et du Simplon forment entre eux un quadrilatère qui se rapproche d'un parallélogramme, aux lignes sinueuses, dont les quatre sommets sont Martigny, Ivry, Milan et Brigue, et la diagonale la droite Martigny-Milan. La somme des deux côtés bernardistes Martigny-Ivry et Ivry-Milan dépasse visiblement (même en admettant le raccourci Ivry-Santhia) la somme des deux côtés simplonistes. Les oscillations autour de la ligne droite sont aussi plus prononcées pour les deux premiers côtés bernardistes.

Pour racheter leur excès de longueur sur la carte, le Saint-Bernard et le Mont-Blanc devraient offrir moins de déclivités que le Simplon, ou suivre un tracé plus rapproché de la ligne horizontale. Mais c'est justement le contraire qui est vrai, et c'est en comparant les altitudes des points culminants des trois passages des Alpes qu'apparaît l'avantage immense, évident pour tous, du Simplon.

En effet, le point culminant de ce passage ne dépasse le niveau de la mer que de 835 m pour le projet de 1886, et il pourrait même être abaissé à la cote de 680 m si une subvention française permettait de revenir au vrai tunnel de base projeté en 1882. Au Saint-Bernard, au contraire, 1 620 m est le minimum d'altitude (1) qu'on puisse espérer. En suivant le col de Menouve au lieu du col Ferret, d'après le premier projet de MM. Lefèvre et Dorsat, il aurait fallu s'éle-

ver à plus de 1 800 m. De pareilles différences se passent de commentaires et la conclusion s'impose à tout esprit non prévenu. Et cela tient aux conditions topographiques exceptionnellement favorables du massif du Simplon. Ces conditions, qu'on chercherait en vain ailleurs dans toute la chaîne des Alpes, rendent seules possible le *tunnel de base* digne de ce nom, avec lequel, selon l'expression d'un publiciste italien, « il n'y aura plus d'Alpes ».

Même si l'on tenait à remonter le siècle et à revenir aux tracés hauts si vantés par M. de Vautheleret, c'est encore au Simplon qu'il faudrait s'adresser, puisqu'à 1 680 m il n'exigerait qu'un tunnel de 4 653 m d'après le projet de MM. Lehaitre et de Mondésir, et il n'y aurait pas à monter beaucoup plus haut pour se passer de tout tunnel, sur ce col avantageux entre tous.

Le tunnel du Mont-Blanc serait percé dans l'hypothèse la plus favorable à l'altitude de 1 003 m, et ses promoteurs les plus ardents penchent plutôt pour un tunnel à la cote de 1 073 m, ainsi 200 m plus haut que le dernier projet du Simplon et 400 m plus haut que le tunnel projeté au Simplon en 1882. D'ailleurs nous avons dit que l'excès de longueur du tracé du Mont-Blanc sur ses deux rivaux saute aux yeux sur la première carte venue, malgré tous les raccourcis imaginés ou imaginables. Et si les partisans du Mont-Blanc insistent sur la cote élevée (1 014 m) du passage du Jura, ce seul inconvénient réel de la ligne du Simplon, qu'elle partage avec celle du Saint-Bernard, est plus que balancé pour le premier par l'altitude du tunnel du Mont-Blanc, exigeant des lignes d'accès autrement difficiles à exploiter que le Paris Lausanne. D'ailleurs 1 003 m représentent un minimum d'altitude qu'on n'a même jamais songé à abaisser, tandis qu'il serait facile de réduire de 228 m l'altitude de passage du Jura au moyen d'un tunnel de 6,5 km sous le Mont-d'Or, exigeant une dépense totale de 17 à 18 millions, d'après une étude récente de M. l'ingénieur en chef J. Meyer.

Nous ferons d'ailleurs pour le moment abstraction de cette correction du Jura ainsi que d'autres raccourcis plus problématiques et cela de part et d'autre. Et nous donnerons maintenant les distances absolues, soit les longueurs de rails pour chacune des trois lignes rivales, en suivant pour le tracé en plaine les grandes lignes existantes (sauf indication particulière).

Nous commencerons par les distances indiquées dans le rapport déjà cité de la sous-commission de la Chambre des députés (qui avait visité les passages du Simplon et du

(1) A 1 000 m au-dessus de la mer, l'épaisseur du massif du Grand Saint-Bernard est de 34 km; à 1 400 m encore de 17,7 km.

Mont-Blanc, et s'était prononcée pour le premier). Nous placerons en regard sur une autre colonne, les distances indiquées par M. Noblemaire, directeur général de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, devant la même commission parlementaire. Pour le Mont-Cenis, qui sert de terme de comparaison, nous avons lieu de croire que le chiffre de M. Noblemaire est plus exact que celui de la commission. Et pour le Simplon, le chiffre de 835 km correspond au tracé plus direct par Arona, tandis que celui de 849 km de la commission se rapporte à la ligne presque achevée de Domo-Gozzano-Novare (1).

Pour le grand Saint-Bernard (projet de M. de Vautheleret), dont la commission ne s'est point occupée, vu qu'il était encore inconnu en 1881, nous citerons, afin de compléter le tableau, les chiffres obtenus par MM. les ingénieurs J. Meyer et W. Huber, et communiqués en partie par ce dernier à la Société des Ingénieurs civils, dans sa séance du 4 avril 1884. Ces distances ont été calculées par MM. Huber et Meyer, d'après les profils officiels des lignes ferrées suisses et italiennes, et pour la ligne Martigny-Ivrée d'après le projet de M. Vautheler et lui-même.

Si la supériorité du passage du Simplon sort avec évidence de la comparaison de ces chiffres, nos lecteurs ne s'en étonneront plus après l'examen préliminaire du tracé sur la carte que nous leur avons conseillé, et en tenant compte naturellement des cotes d'altitude des cinq passages, placées en regard des distances,

#### ITINÉRAIRE PARIS-MILAN

	Altitude maxim.	Distance absolue	
		D'après la Commis.	D'après M. No- blemaire
	m	km	km
Mont-Cenis....	1328	925	942
Saint-Gothard..	1152	904	891
Mont-Blanc....	1073 ou 1003	(3) 946 (918)	935
Simplon.....	680 ou 835	(2) 849	835
Saint-Bernard.	1622	948 (3) (920)	d'après MM. Meyer et Huber

(1) Quant aux deux chiffres différents du Gothard, celui de la commission s'applique à la grande ligne des voyageurs par Mulhouse et Lucerne, celui de M. Noblemaire à une ligne plus directe par Mulhouse, Aarau, Ruppertsweyl, utilisée pour les marchandises seulement.

(2) Des deux chiffres d'altitude indiqués pour le Simplon, le premier se rapporte au projet de 1882 (avec tunnel de 20 km), le second au projet de 1886 (avec tunnel de 16 km).

(3) Les chiffres entre parenthèses correspondent à un raccourci Ivree-Santhia.

Toutes les distances indiquées sur le tableau ont été calculées par la commission et M. Noblemaire, d'après les lignes de plaine exploitées actuellement.

Il serait juste toutefois de prendre en sérieuse considération, un raccourci de 28 km en faveur du Mont-Blanc et du Saint-Bernard, que leur procurerait une ligne directe de Ivree à Santhia, évitant le coude de Chivasso (2). L'établissement de cette ligne peut être, en effet, regardé comme lié à l'une comme à l'autre de ces deux voies, de même que la ligne directe Ornavasso-Arona-Milan est liée au sort du Simplon. Nous ferons ainsi la partie belle aux deux rivaux de ce dernier projet qui n'a rien à craindre d'une discussion loyale et même indulgente pour ses adversaires.

Malgré cette concession, le Simplon conserve encore 85 km d'avance sur le Saint-Bernard, 83 sur le Mont-Blanc, environ 100 sur le Mont-Cenis et 56 à 70 sur le Gothard (via Aarau ou Lucerne).

Quoique ces résultats ne tiennent compte que d'une partie des avantages du Simplon, M. Noblemaire n'a point hésité à en tirer, devant la commission parlementaire, cette conclusion formelle : « *Le Mont-Blanc ne ferait que doubler le Mont-Cenis. Le percement du Simplon serait préférable à tous égards et serait, d'une manière absolue, avantageux aux intérêts français.* »

Nous sommes heureux de pouvoir rappeler une conclusion formulée aussi nettement par une des autorités les plus compétentes qu'on puisse invoquer en pareille matière. Si le Saint-Bernard avait été en cause en 1881, il serait sans doute tombé sous le coup de la même condamnation. La considération des distances dites « virtuelles », que nous avons à dessein laissée de côté jusqu'à ce moment, nous renseignera mieux encore sur la valeur de ce projet étrange, et elle placera en plein jour la somme d'avantages que promet au Simplon son tracé exceptionnellement bas.

Les chiffres considérés jusqu'à présent mesurent les distances réelles ou absolues, soit la longueur totale des rails posés (ou à poser), bout à bout, entre Paris et Milan pour chacune des lignes rivales. Nous sommes en droit d'en conclure qu'entre toutes ces voies, construites ou proposées, celle du Simplon est incontestablement la plus courte, ou la plus directe, ce qui est la même chose.

Mais nous avons dit en commençant qu'il s'agissait d'établir, entre Paris et Milan, une ligne qui soit non seulement la plus directe, mais encore la plus rapide et la plus économique (pour le voyageur ou l'expéditeur

de marchandises, destinés à en profiter).

Or, du moment que nous abandonnons l'hypothèse d'un parcours parfaitement horizontal ou à faibles pentes, comme en présentent les grandes lignes de plaine, la première condition n'entraîne plus nécessairement les deux autres. En effet, les rampes, à partir d'une certaine limite d'inclinaison (1), ralentissent la marche des trains et augmentent les frais de traction, partant le prix de transport exigé par voyageur ou par tonne de marchandises, pour une certaine longueur de rails à parcourir. On conçoit donc que de deux lignes égales en longueur absolue, celle qui a le moins de rampes, ou les rampes les plus faibles, sera à la fois la plus rapide et la plus économique.

Pour tenir compte de cette double influence des rampes, les ingénieurs ont aujourd'hui recours à un système de majorations ou de nombres qu'ils ajoutent au nombre réel ou absolu de kilomètres parcourus. Les distances ainsi majorées en raison des rampes, portent le nom de *distances virtuelles*, afin de les distinguer des distances non majorées ou *réelles*. Ce sont là des termes techniques devenus courants dans les études sur les passages des Alpes. Le choix de ces termes aurait pu être plus heureux (quelque rationnel qu'il soit d'ailleurs au point de vue théorique) — car ces systèmes de majoration ne répondent pas seulement à une idée abstraite ou purement scientifique comme le nom savant de « distance virtuelle » pourrait le faire croire, et comme les partisans du Mont-Blanc et du Saint-Bernard ne manquent pas de l'insinuer dans leurs écrits. Mais, *il s'agit là de considérations éminemment pratiques et, l'on peut bien dire, économiques*, puisque cette distance virtuelle ne rend pas seulement compte de la vitesse modifiée, mais sert encore à fixer le prix de transport des marchandises et messageries et celui des billets de voyageurs.

(Au lieu de distances « virtuelles » et « réelles » nous préférierions distinguer des distances « économiques » et « absolues ». Sans songer un instant à imposer cette nouvelle nomenclature, nous nous permettrons seulement de faire observer que trop souvent certains termes savants ont nui aux meilleures causes en inspirant une grande méfiance aux hommes qui ne sont pas « du métier » et une méfiance que les beaux parleurs savent fort bien exploiter au profit de leurs thèses.)

(1) D'après M. Vauthier, cette influence des rampes ne devient sensible qu'à partir de l'inclinaison de 10 pour mille.

Dans la pratique, il dépend de la compagnie qui exploite telle ligne d'élever ses prix de transport plus ou moins en raison des déclivités de cette ligne ; mais on conçoit qu'à la longue, ces majorations tendent à être partout les mêmes pour une rampe ou une suite de rampes donnée. En d'autres termes, le nombre à ajouter pour chaque rampe peut être regardé comme fonction du coefficient de déclivité et de la longueur, et doit pouvoir être calculé au moyen d'une formule générale.

M. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées, et M. Amiot, ingénieur des mines, ont publié, chacun de son côté, des études très approfondies de cette question, auxquelles nous devons renvoyer nos lecteurs pour tous les détails (1), en particulier pour l'établissement des formules de majoration.

Les calculs de M. Vauthier donnent des majorations un peu plus faibles, prenant pour point de départ, non une ligne parfaitement horizontale, mais une ligne de plaine dans les conditions ordinaires de déclivité. M. Vauthier a aussi cru devoir tenir compte de l'augmentation des frais d'exploitation, indépendants de la traction proprement dite, dans les régions élevées des Alpes, encombrées de neige en hiver, ce qui paraît en effet très rationnel.

D'autre part, la formule de M. Amiot, d'une application plus facile et plus générale à toutes les lignes, de plaine et de montagne, est aujourd'hui plus répandue et a été adoptée en particulier par la commission d'experts chargée de l'examen des derniers projets de traversée du Simplon. Cette formule prend pour base le prix de revient kilométrique d'une tonne de marchandises de petite vitesse, tandis que celle de M. Vauthier est basée directement sur la diminution de la vitesse des trains due à une rampe. Sans doute il n'y a pas proportionnalité absolue entre l'augmentation des durées de parcours et celle des frais d'exploitation. Mais M. Vauthier a trouvé entre les éléments de majoration obtenus séparément à chacun des deux points de vue, « une correspondance assez exacte pour considérer les résultats comme applicables à la fois, dans les limites d'approximation que la pratique comporte, à l'augmentation des durées de parcours et des frais d'exploitation » (1).

Cette remarque est importante : la distance virtuelle entre deux extrêmes donnés

(1) Vauthier, *Le percement du Simplon devant les Chambres*, imprimerie Chaix 1881, Amiot, *Influence des pentes sur le prix de revient kilométrique*. Annales des Mines de 1879, 2<sup>e</sup> semestre, page 289.



devient ainsi le moyen par excellence de comparer deux ou plusieurs tracés au double point de vue de la rapidité et de l'économie des communications.

C'est surtout le terme de comparaison le plus parfait qu'on puisse choisir entre les voies rivales établies ou projetées à travers la chaîne des Alpes. « Les eaux suivent les lignes de plus grande pente; les voyageurs et les marchandises prennent les directions les plus rapides et les moins chères (1) ».

On peut donc dire que la distance virtuelle (économique) obtenue entre Paris et Milan mesure en quelque sorte l'avantage qu'offre une ligne au commerce franco-italien, et en même temps au transit d'Amérique en Italie et en Orient (par Rouen ou le Havre).

Le tableau suivant donne, en première colonne, les *distances virtuelles entre Paris et Milan* (en suivant les lignes de plaine exploitées ou en cours de construction en 1881) d'après la sous-commission de la Chambre des députés déjà citée.

	D'après la Commission parlementaire	D'après les experts de 1886
Gothard....	1 121,6 km	{ 1 056 km par Aarau 1 068 — Lucerne
Mont-Blanc.	1 109,8	
Simplon....	1 037,2	{ 979 — Arona 1 006 — Gozzano
Mont-Cenis.	1 207,5	{ 1 056
St-Bernard.		1 147

Ainsi d'après cette autorité compétente et exclusivement française, le Mont-Blanc ne gagnerait que 12 km sur le Gothard, et le Simplon donnerait 84 km de raccourci sur le Gothard et 72 sur le Mont-Blanc. La supériorité du Simplon a été donc nettement établie par la sous-commission technique de la Chambre, en distance virtuelle comme en distance absolue.

Sur la seconde colonne du tableau on trouvera les distances virtuelles obtenues par la commission d'experts chargée en 1886 d'examiner les derniers projets présentés pour la traversée du Simplon. Cette commission, que nous aurons à citer plus d'une fois, était composée de quatre ingénieurs qui jouissent d'une haute estime, à savoir de

MM. Polonceau, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans;

Doppler, Oberbaurath, inspecteur général de la direction I. et R. des chemins de fer autrichiens;

W. Huber, ingénieur civil à Paris;

J. Dumur, colonel du génie suisse, ancien

directeur des chemins de fer serbes, à Lausanne.

En valeur absolue, les chiffres correspondants des deux colonnes diffèrent sensiblement, par suite d'une manière différente de calculer les majorations, et aussi par suite des changements survenus dans les projets et le régime des lignes en exploitation. Les distances données par la commission d'experts, lesquelles figurent sur la seconde colonne, doivent être regardées comme plus exactes, ou du moins comme répondant mieux à l'état actuel de la question. Si l'avance sur le Mont Cenis y apparaît un peu moins forte, la distance virtuelle du Simplon (par Arona) présente avec la moyenne de celles du Gothard à peu près la même différence que dans la première colonne, ce qui confirme pleinement l'avantage décisif du Simplon sur le Gothard, point essentiel à constater. Cette différence est en effet de 77 km avec la voie la plus directe (par Aarau et Rapperswyl) que peuvent prendre les marchandises *viâ* Gothard, et de 89 km pour la grande ligne des voyageurs par Lucerne.

Les experts de 1886 n'ont point eu à s'occuper du projet du Mont-Blanc. D'autre part, on trouvera, au bas de la seconde colonne, la distance virtuelle de Paris à Milan par le Saint-Bernard, d'après la source qui nous paraît la plus digne de confiance. On voit que par le col Ferret, il y a 168 km de plus que par le Simplon, et 84 à 90 km de plus que par le Gothard. Ces chiffres sont la condamnation du Saint-Bernard comme rival du Simplon et comme concurrent du Gothard. On devait d'ailleurs s'y attendre pour un projet qui pousse l'amour des altitudes au delà de 1600 m.

En prenant Plaisance pour objectif à partir de Paris, l'avantage du Simplon sur le Mont-Cenis et sur le Saint-Bernard (112 km au lieu de 168) diminue un peu tout en restant encore considérable. Vis-à-vis du Gothard, il augmente au contraire et s'élève à 108 km, d'après les calculs de M. Vauthier.

« Ce raccourci de 108 km sur le Gothard », dit l'éminent ingénieur (1), « représente en valeur relative, plus de 9 p. c. de la distance la plus longue, près de 13 p. c. de la plus courte, et correspond, en valeur absolue, comme temps, à une abréviation du trajet de près de trois heures; comme frais, pour la messagerie, à 43 fr, pour la grosse marchandise, à 6,50 fr d'économie par tonne. Personne ne pensera que de pareils éléments soient à négliger. »

La question peut donc être regardée comme résolue en faveur du Simplon au point de vue du commerce franco-italien et du transit américain par la ligne Rouen-Pa-

(1) Vauthier, *Le Simplon devant les Chambres*, pages 14 et 63.

ris-Milan ou Rouen-Paris-Plaisance. Mais il y a lieu de l'examiner encore au point de vue du transit anglo-italien et anglo-oriental de grande vitesse, en prenant pour terme de comparaison l'itinéraire Calais-Plaisance-Brindisi ou Boulogne-Plaisance-Brindisi, et pour le Gothard l'itinéraire plus avantageux Ostende-Plaisance-Brindisi.

Remarquons d'abord que le trajet Plaisance-Brindisi est commun à toutes les lignes rivales pour le transit anglo-oriental. Il n'y a donc pas lieu de s'en inquiéter dans cette étude comparative : Plaisance, le nœud des voies ferrées italiennes, peut être considéré à la fois comme objectif du transit anglo-indien et du commerce anglo-italien.

Ceci posé, voici les distances absolues et virtuelles (d'après la formule Vauthier) de Calais à Plaisance par le Mont-Cenis, le Mont-Blanc et le Simplon, comparées à celles d'Ostende à Plaisance par le Gothard, qu'il s'agit de gagner de vitesse.

Pour cette comparaison, nous avons choisi l'hypothèse la plus favorable à chacun des passages rivaux, ainsi le tracé par Arona pour le Simplon, en admettant par compensation pour le Mont-Blanc et le Saint-Bernard, l'établissement de la ligne directe d'Ivrée à Santhia, non encore classée, qui fait gagner 29 km à chacune de ces deux lignes. Nous continuerons ainsi à nous montrer justes, et mêmes indulgents, envers les adversaires du Simplon. Ce dernier l'emporte néanmoins, comme on voit, de 77 km en distance virtuelle sur le Mont-Blanc, de 112 sur le Saint-Bernard, de 103 sur le Mont-Cenis et de 37 sur l'Ostende-Gothard.

	Distances	
	absolues	virtuelles
Calais-Gothard.....	1 221	1 372
Ostende-Gothard.....	1 158	1 359
Calais-Cenis.....	1 286	1 425
Calais-Mont-Blanc....	1 298	1 399
Calais-Saint-Bernard.	1 262	1 434
Calais-Simplon.....	1 207	1 322

Nous n'avons point fait figurer sur le tableau les raccourcis proposés par M. le sénateur Chardon pour les lignes appelées à desservir le Mont-Blanc. Ces changements abrégeraient bien de 87 km la distance absolue de Calais à Plaisance, mais allongeraient en revanche la distance virtuelle de 32 km.

Un raccourci plus important, de 28 km virtuels (tout au plus) pourrait être obtenu par Andelot (1), Champagnolle et Morez. Cette ligne devrait cependant franchir un col de 1 000 m, redescendre à Morez (800 m)

et remonter aux Rousses, à 1 135 m, suivre la vallée des Dappes, dont le point culminant est à 1 256 m et redescendre encore à Mijoux (983 m) pour entrer en tunnel sous la Faucille et sortir au-dessus de Gex. Ce projet, qui intéresse particulièrement le département du Jura et la ville de Genève, aurait l'inconvénient de porter à plus de 1 200 m l'altitude maximale du passage du Jura et ne saurait être ainsi regardée comme une « amélioration » d'une ligne internationale à grand trafic.

Nous avons dit d'autre part que la traversée du Jura entre Frasnes et Vallorbes, commune aux lignes du Simplon et du Saint-Bernard, est susceptible d'une amélioration beaucoup plus importante, abrégant la distance virtuelle entre Paris (ou Calais) et Milan de 41 km. Cette correction, étudiée avec beaucoup de soin par M. l'ingénieur en chef Meyer, réduisait l'altitude maximale de 1 014 m à 896 m et les pentes de 20 et 25 pour mille à 15 pour mille au maximum, au moyen d'un tunnel de 6,5 km sous le Mont d'Or et de quelques autres changements très faciles à exécuter. La dépense totale ne dépasserait pas 28 millions et pourrait au besoin être réduite à 17 millions, tandis que la ligne de la Faucille exigerait 68 à 70 millions.

Sans vouloir entrer ici en plus de détails sur une correction que l'établissement de la ligne du Simplon entraînera tôt ou tard à sa suite, nous avons tenu à la mentionner à cette place comme pouvant être opposée avec beaucoup d'avantage à celle qu'invoquent les partisans du Mont-Blanc et dont il est de nouveau question. Si des intérêts locaux, très respectables par eux-mêmes, doivent décider l'exécution de cette dernière, elle ne pourrait que profiter aux lignes des deux rives du lac Léman et par conséquent au Simplon, qui aurait encore par Vallorbes une avance considérable sur le Mont-Blanc ainsi corrigé, soit 49 km par la traversée du Jura dans les conditions actuelles, et de 90 km, en distance virtuelle, de Calais à Plaisance, en supposant la correction par le Mont-d'Or réalisée. Cette dernière profiterait également au Saint-Bernard, mais le Simplon conserve toujours sur ce dernier le raccourci virtuel de 112 km pour Plaisance (et de 168 km pour Milan), d'après les calculs très précis et très consciencieux de MM. Vauthier et Huber, présentés à la Société des ingénieurs civils.

Cette digression, devenue un peu longue malgré nous, était nécessaire pour répondre au reproche souvent adressé au projet du Simplon, à propos de l'altitude de 1 014 m de son point culminant dans le Jura, et des pentes de 20 et 25 pour mille qu'elle entraîne.

(1) D'après ce projet, on suivrait jusqu'à Dôle les mêmes lignes que pour le Simplon.



On voit qu'altitude et rampes sont parfaitement réductibles et que la traversée du Jura peut s'effectuer entre Frasné et Vallorbes, dans des conditions bien meilleures qu'entre Andelot et Annemasse, raccourci de la ligne du Mont-Blanc. Et le Simplon n'aurait qu'à y gagner, si nous avions voulu porter sur notre tableau tous les raccourcis possibles de part et d'autre (1).

Considérons maintenant, d'après les experts déjà cités qui ont examiné les derniers projets du Simplon, les *distances réelles et virtuelles entre Plaisance et Boulogne*, qui possède aujourd'hui un port en eaux profondes et qui se trouve sur la ligne la plus directe entre Londres et Brindisi. (Les chiffres correspondants pour le Saint-Bernard ont été ajoutés d'après les calculs de MM. Vauthier et Huber.

	Distance réelle	Distance virtuelle
Gothard (viâ Lucerne)....	1188	1347
— (viâ Aarau).....	1175	1336
Mont Cenis.....	1289	1379
Simplon (viâ Arona).....	1156	1292
— (viâ Gozzano)....	1160	1306
Saint-Bernard.....	1216	1404

Ici encore, on trouve pour le Simplon, par Arona, un avantage de 55 km virtuels sur le Gothard (viâ Lucerne), de 87 km sur le Mont-Cenis et de 112 km sur le Saint-Bernard.

Les experts ont porté sur leur tableau (en plus du notre) l'itinéraire franco-suisse Belfort-Delle-Gothard, qui évite complètement le territoire allemand, mais qui augmente de 14 km la distance absolue et de 33 km la distance virtuelle ou économique.

En 1881, il fut question de raccourcir cette voie en perçant un tunnel sous le ballon d'Alsace et en proposant à la Suisse de construire une ligne directe de Moutiers, à travers le Jura, à Wauwyl ou à Wohlhausen. Mais la dépense de près de 40 millions que comportait ce projet n'était guère justifiée puisque, de Calais à Plaisance, la distance absolue restait encore de 9 km plus longue que par la voie ordinaire d'Ostende utilisant les lignes belges, luxembourgeoises, allemandes et du Gothard, et la distance virtuelle de 20 km plus longue que par la voie allemande. Ce projet, rejeté par le génie, comme un danger pour la place forte de Belfort, est abandonné depuis longtemps, et la sous-commission de la Chambre l'avait déjà

écarté, en 1881, comme contraire aux intérêts français.

On voit combien les ports de la Manche ont à gagner au percement du Simplon qui seul leur permettra de lutter avec quelque chance de succès contre Ostende et Anvers. Mais Rouen serait encore plus favorisé. La distance actuelle de Milan par le Simplon ne serait plus, d'après les calculs de M. Vauthier, que de 1 101 km, c'est-à-dire de 111 km inférieure à celle d'Anvers à Milan, viâ Gothard (1). Le Havre, placé 95 km plus loin, aurait encore 16 km d'avance sur Anvers et le Gothard.

La distance actuelle Lyon-Milan serait, également d'après M. Vauthier, de 552 km par le Simplon au lieu de 629 par le Mont-Cenis, de 636 par le Mont-Blanc et de 720 par le Saint-Bernard.

L'avantage du Simplon s'étend encore très loin au sud de Lyon, en particulier sur tout le riche bassin de la Loire dont les houilles et les produits métallurgiques, si justement renommés, pourront ainsi l'emporter sans peine sur leurs concurrents allemands et anglais dans toute la Lombardie, et probablement même au-delà.

Parmi les villes du nord et de l'est particulièrement favorisées par le percement du Simplon, citons Amiens, Laon, Reims, Châlons, Chaumont, Langres, Dôle, Gray, pour lesquelles la distance virtuelle la plus courte (actuellement par Mulhouse et le Gothard) serait raccourcie par la nouvelle voie, de 60 à 70 km. Pour Dijon et Mâcon l'avantage du Simplon serait de 121 et de 77 km sur le Mont-Cenis, de 149 et de 328 sur le Gothard; pour Besançon de 116 sur ce dernier; pour Lille encore de 50 et pour Dunkerque de 60 (sur Ostende et le Gothard).

En comparant les chiffres cités dans nos derniers articles, on voit que le percement du Simplon promet au commerce d'exportation français une brillante revanche en Italie et rendra aux ports français du Nord la lutte facile contre Ostende et Anvers, alliés au Gothard.

M. Vauthier a établi, dans l'ouvrage cité (2) par des calculs nombreux et incontestables que le bassin commercial du Simplon a pour limite orientale la frontière allemande, pénétre jusqu'à Berne, centre de la Suisse, au nord-est en Belgique jusqu'à Bruxelles et s'étend sur toute la France du nord. Si l'on prend Milan pour objectif, ce bassin est limité au sud par une ligne qui va d'Annecy à Bordeaux, atteint la mer au sud de cette grande cité et passe par Figeac, tout près de

(1) La ligne Calais - Amiens - Reims - Gray - Auxonne - Dôle qui évite le détour par Paris est susceptible de raccourcis en distance absolue et virtuelle, peu coûteux et faciles à exécuter, que le percement du Simplon imposera en quelque sorte.

(2) Par le Mont-Cenis, la distance de Rouen à Milan serait de 1222 km.

Rodez, et par Saint-Rambert (à égale distance de Lyon et de Valence). En choisissant Plaisance comme objectif, les deux limites du bassin se déplacent, parallèlement à elles-mêmes, de quelques kilomètres vers le nord ou nord-est.

Pour Gênes (et *a fortiori* pour Turin), le bassin du Simplon est beaucoup plus restreint. Ce nouveau passage ne pourra enlever au port de Marseille une seule place française qui n'ait été déjà rapprochée de Gênes, au détriment du port français, par le Mont-Cenis et le Gothard. D'après M. Vauthier (1) c'est le premier seul qui est coupable : « C'est le Mont-Cenis, dit-il, qui a fait le mal, si mal il y a ; c'est lui qui dérive de Marseille le courant de transport qui préfère la voie de terre à la voie de mer. Le percement du Simplon n'empirerait pas cette situation. Comme zone tributaire, le port de Gênes, via Mont-Cenis, embrasse une partie de la Savoie et la Suisse romande. Le Simplon ne peut que lutter avec le Mont-Cenis dans une partie de cette région, et par suite ne nuirait pas à Marseille. Quant aux revers français du Jura, Marseille y conserve sur Gênes, via Simplon, une suprématie indiscutable, et il faut remonter jusqu'à Mulhouse pour trouver un nœud de circulation où le Gothard, non le Simplon, pourrait favoriser Gênes au détriment de Marseille. Mais, à cette distance, les ports de la Méditerranée ont déjà rencontré la concurrence des ports de la Manche et de la mer du Nord. Le Simplon n'ajoute donc rien au tort que, par le Mont-Cenis, Gênes fait à Marseille. Et, quant au courant à grand parcours qui se porte vers l'extrémité sud de l'Italie, le Simplon pourra lui donner plus d'activité. Mais il ne détournera du golfe du Lion ni un voyageur ni une tonne de marchandise de plus que le Mont-Cenis ».

Cette opinion de M. Vauthier est appuyée sur des calculs nombreux et faciles à vérifier pour lesquels nous devons renvoyer à ses publications connues (2), surtout à la dernière.

Ainsi, le Simplon ne saurait en aucune manière favoriser le port de Gênes aux dépens de Marseille.

En revanche, pour les relations si importantes avec la Lombardie et l'Emilie, tout le Nord, l'Est, le Centre et même une partie du Midi de la France sont appelés à bénéficier largement du percement du Simplon.

Le Mont-Blanc et le Saint-Bernard ne pourront jamais, malgré le raccourci Ivrea-Santhia et tous ceux qu'on a proposés, devenir des concurrents sérieux pour la ligne du Gothard. Les tableaux ci-dessus en démontrent l'impossibilité. Et l'avantage qui en résulterait pour une zone très restreinte encore, sur le Mont-Cenis, ne justifierait nullement la dépense énorme qu'exigerait l'établissement de l'une ou de l'autre de ces deux voies, comme nous verrons bientôt.

Nous ne nous sommes donc pas trop avancé en nous faisant fort de démontrer, par l'étude comparative des trois tracés rivaux, que *le Simplon, et le Simplon seul, peut fournir une solution certaine et complète du grand problème économique à résoudre, c'est-à-dire assurer au commerce d'exportation et aux ports français la victoire sur la concurrence étrangère et ramener sur les rails français le transit américain, anglais et belge de grande vitesse à destination de l'Italie et de l'Orient.*

Nous pourrions nous arrêter là, cette question capitale primant toutes les autres considérations, telles que les avantages et les inconvénients stratégiques, les difficultés techniques à vaincre et les sommes à dépenser pour la construction des voies proposées. Nous tenons cependant à démontrer qu'à tous ces points de vue, le Simplon l'emporte sur ses deux rivaux, et que — tout en réalisant la voie la plus courte, la plus rapide et la plus économique du Nord et de l'Est de la France en Italie — ce projet exige la moindre dépense, entre les trois, et risque le moins de se heurter à des difficultés techniques insurmontables ou de créer un danger stratégique pour la France.

#### CONSIDÉRATIONS STRATÉGIQUES

Commençons par la question stratégique, afin de ne plus avoir à y revenir par la suite.

(2) Pour toutes ces questions relatives aux distances et aux bassins commerciaux, nous ne saurions trop recommander *le Simplon devant les Chambres*, de M. Vauthier, étude classique à laquelle il faudra toujours recourir.

(1) *Le Simplon devant les Chambres*, page 24.

Nous ne saurions discuter à fond le rôle des tunnels alpins dans toutes les éventualités de guerre qui pourraient se présenter. Une pareille étude exigerait des connaissances spéciales que nous ne possédons pas. Il nous sera permis toutefois de penser, avec des hommes bien plus compétents que nous, que l'importance de cette question a été exagérée et que, plus souvent encore, suivant l'expres-

sion de M. Vauthier, la stratégie a joué le rôle de « spectre dialectique » dont on joue à défaut d'autres arguments pour empêcher l'exécution d'une ligne rivale ou gênante.

« Si intéressantes que soient ces considérations militaires, dit très bien M. Ferdinand Dreyfus (2), il ne faut pas les exagérer. En principe, au point de vue strictement défensif, tout chemin de fer international est mauvais : si on se résout à en faire parce qu'on espère en tirer de grands avantages commerciaux et économiques, il faut alors les construire dans les conditions voulues pour qu'ils atteignent le but économique et commercial cherché.

« En d'autres termes, on doit prendre des précautions contre les éventualités et les hasards de la guerre : mais l'état de guerre est l'exception ; il ne faut donc pas sacrifier la règle, qui est l'état de paix, les échanges internationaux, à l'exception sanglante, mais de courte durée, de la guerre. »

D'autre part, lorsque des raisons économiques ont démontré l'utilité d'une nouvelle trouée des Alpes, il y a lieu de tenir compte, dans une mesure équitable, des inconvénients stratégiques, pour la comparaison des solutions proposées.

Les partisans du Mont-Blanc font valoir à ce propos, avec beaucoup d'insistance, l'avantage de leur projet d'avoir une tête du tunnel sur territoire français. (M. Simonin avait même, dans une de ses « improvisations », recueillies par la grave *Revue des Deux-Mondes* (3) placé les deux embouchures, soit les deux versants du Mont-Blanc, sur terre française.)

Pour le Simplon et le Saint-Bernard, la tête nord du tunnel se trouve en Suisse, ce qui paraît à quelques stratéges, ou soi-disant tels, un défaut capital. Cependant des voix militaires très autorisées et très françaises ont émis des avis diamétralement opposés.

Ainsi, M. le commandant du génie Richard, dans une étude publiée par le *Soir* (numéros des 8 et 9 mai 1884), condamne absolument le tracé du Mont-Blanc :

« Au point de vue de la défense du territoire, le projet dont il s'agit présente le grave inconvénient de permettre à un ennemi qui aurait surpris le débouché français du tunnel alpin, de tourner les défenses naturelles de la Savoie et aussi les défenses artificielles que nous y avons construites, à grands frais, depuis dix ans.

« Ce n'est qu'au mont Vuache, en face du

fort de l'Ecluse — lequel a aujourd'hui une faible valeur défensive — que la ligne internationale pénétrante du Mont-Blanc pourrait être avantageusement maîtrisée par un ouvrage de défense, barrant également la ligne de Genève. Mais la position du mont Vuache se trouve sur le territoire savoisien neutralisé par les traités de 1815, et d'après une dépêche du 14 décembre dernier récemment publiée à Berne dans le rapport du département politique, notre ministre des affaires étrangères a donné l'assurance formelle au Conseil fédéral suisse « qu'il n'entre pas dans nos intentions d'établir un ouvrage de fortification au mont Vuache... », en témoignage de notre désir de resserrer les liens traditionnels d'amitié qui nous unissent à la confédération.

« Dans ces conditions, conclut le commandant Richard, le département de la guerre ne pourrait offrir qu'un veto absolu à l'exécution d'une ligne ferrée pénétrante aussi dangereuse que celle du Mont-Blanc, pour la défense du territoire national.

« Ces raisons nous font donc repousser le projet de percée du Mont-Blanc. »

M. Lavallée, dans sa *Géographie militaire* (pages 201 et 202) insiste sur le rôle important de la neutralité suisse :

« La neutralité de la Suisse est encore la meilleure défense de la frontière du Jura, la partie septentrionale de cette frontière, ou la trouée de Belfort, étant le côté le plus vulnérable de la France, avant la perte des trois départements cédés en 1871...

« ... La frontière des Alpes, depuis l'annexion de la Savoie, est la meilleure frontière de la France, puisqu'elle est entièrement naturelle et formée par les plus hautes montagnes de l'Europe. On peut la diviser en trois parties : 1) bassin de la Saône et de l'Isère ; 2) bassin de la Durance ; 3) bassin du Var et littoral. La première partie est excellente : appuyée d'une part sur le lac de Genève et la neutralité de la Suisse, d'autre part sur les Alpes Pennines et Grées ».

La *Revue militaire suisse* de janvier 1882, après avoir cité ce passage de l'œuvre justement estimée de M. Lavallée, discutait l'éventualité d'une guerre entre la France et l'Italie, une hypothèse à laquelle la triple alliance paraît donner un triste regain d'actualité, quelque incroyable qu'elle nous semble sous d'autres rapports.

« Si nous considérons le cas d'un conflit isolé entre la France et l'Italie, disait l'auteur de cet article, nous voyons que cette dernière puissance a déjà trois grandes lignes pour pénétrer sur le sol français et dans la vallée du Rhône : la Savoie, le Dauphiné et la province de Nice.

(1) M. Dreyfus, *Le Tunnel du Simplon et les intérêts français*, Paris, Lecuir, 1879.

(2) *Revue des Deux-Mondes*, du 1<sup>er</sup> août 1884.

« Le Simplon formerait une quatrième grande ligne qui se confondrait avec la première, et les avantages que l'Italie pourrait retirer de cette nouvelle ligne d'opérations ne seraient pas à beaucoup près en proportion des désavantages qui résulteraient pour elle de la violation de la neutralité suisse. L'Italie, en effet, a pour le moins autant d'intérêt que la France à respecter la neutralité suisse, car le fait d'entrer en hostilités avec ce dernier pays aurait pour elle une double conséquence. Elle se trouverait avoir à combattre, en plus des forces de l'armée française, l'armée fédérale défendant la neutralité attaquée, et en outre, le front déjà très étendu (400 km) que l'Italie a à défendre contre la France, se trouverait encore augmenté des 500 km du front italo-helvétique.

« Nous admettons un moment que l'Italie et l'Allemagne soient réunies contre la France, et que la Suisse n'existe plus comme Etat neutre (1). Même dans ce cas, nous croyons que le Simplon ne jouerait qu'un rôle tout à fait secondaire. Il est évident que l'objectif principal sera Paris et que le midi de la France ne sera jamais qu'un théâtre d'opérations très accessoire. Dans des conditions pareilles, la tendance des armées italiennes sera de chercher à se rapprocher de l'armée allemande pour agir sur le théâtre principal des opérations, au lieu que ce soit l'armée allemande qui descende vers le sud pour opérer sa jonction avec les forces de son alliée. Aussi, le Saint-Gothard, permettant à l'armée italienne d'agir par la trouée de Belfort, aura une importance stratégique bien plus considérable que le Simplon. »

Enfin, il n'est pas besoin d'être grand stratège pour comprendre qu'une invasion de la Suisse par le Simplon ou le Saint-Bernard, rencontrerait de grandes difficultés et pourrait même devenir périlleuse pour l'envahisseur. En admettant encore le cas très improbable que l'entrée nord du tunnel tombe entre ses mains par surprise ou par trahison, il ne serait pas beaucoup plus avancé.

Deux excellentes routes stratégiques permettraient en effet à l'armée suisse de tomber dans le dos de l'ennemi avec des forces considérables réunies dans le canton de Berne et dans la Suisse centrale, pendant que les troupes de la Suisse française défendraient

sans peine les belles positions de Sion et de Saint-Maurice.

Tel est aussi l'avis d'un stratège italien qui vient de publier dans la *Nazione* de Florence une série d'articles sur la neutralité suisse et belge ; il vise, en particulier, le cas d'un conflit armé entre la France et l'Italie et montre que dans cette éventualité aucune des deux puissances n'aurait intérêt à violer la neutralité suisse.

« Les deux seuls passages, dit-il, qu'une armée un peu considérable pourrait emprunter avec quelque chance de bénéfices sont le Simplon et le Saint-Bernard. Les avantages que l'agresseur de la Suisse en retirerait sont assez problématiques, attendu que la Suisse pourrait facilement rendre vaine une pareille entreprise. La vallée du Rhône est étroite : Brigue, Sion, Martigny, Saint-Maurice offrent des positions défensives excellentes. Les troupes ennemies qui se jetteraient en Valais, outre qu'elles auraient à vaincre les difficultés provenant du terrain, devraient encore couvrir leurs flancs, sans cesse menacés par la Suisse centrale, en sorte qu'une pareille marche ne pourrait être opérée qu'avec des forces très supérieures en nombre. »

Tout le monde sait d'ailleurs que la Suisse est décidée à défendre sa neutralité envers et contre tous et que cette résistance ne sera jamais négligeable, car elle saura se prolonger et se réorganiser sans cesse dans nos montagnes. L'histoire montre bien que le peuple suisse sait faire son devoir en pareil cas. Et il commencera par rendre impraticable l'issue du tunnel située sur son territoire. Celle-ci sera d'ailleurs protégée par des fortifications construites d'avance, de même que la porte bien plus dangereuse du Gothard.

En nous appuyant sur l'opinion des autorités militaires citées, nous pourrions résumer en quelques mots le côté stratégique de la question des passages des Alpes.

1) Ce côté est primé par des considérations nationales d'ordre supérieur et permanent qui doivent prévaloir sur l'état d'exception.

2) Le percement du Simplon ou du Saint-Bernard présente moins de danger que celui du Mont-Blanc, au point de vue de la défense du territoire français.

3) Considérée sous ce même point de vue, une attaque dirigée par la porte du Simplon serait moins redoutable que si elle avait lieu par celle du Saint-Bernard (1), plus rapprochée de la Savoie. Elle laisserait à l'armée

(1) La *Revue militaire* fait ici allusion à un article du *Bulletin de la réunion des officiers* qui, raisonnant dans cette hypothèse, exigeait « que la porte du Simplon restât hermétiquement fermée », sans songer à la belle route construite par Napoléon et bien plus difficile à défendre que l'entrée d'un souterrain étroit.

(1) Comme il n'existe pas de route sur aucun des cols voisins du grand Saint-Bernard, le tunnel projeté sous le col Ferret ouvrirait en réalité une nouvelle porte sur la Suisse et la Savoie très rapprochée de ce passage.



suisse plus de temps pour arrêter l'envahisseur et le prendre au besoin entre deux feux.

*Somme toute, un tunnel sous le Simplon risque moins que les autres percées, execu-*

*tées ou proposées, de devenir une menace sérieuse pour le territoire français, ou la neutralité suisse destinée à concourir à sa défense.*

#### COMPARAISON DES TROIS LIGNES PROJETÉES AU POINT DE VUE DES DIFFICULTÉS TECHNIQUES ET DU COUT D'ÉTABLISSEMENT

##### LE MONT-BLANC

Après avoir répondu aux reproches qu'on fait au Simplon en invoquant des raisons solidisant stratégiques, abordons l'étude comparative des trois projets rivaux au point de vue des difficultés techniques et financières que rencontre leur exécution. Ces deux questions étant entre elles dans le rapport de cause à effet, ne sauraient être discutées séparément.

Commençons par le projet du Mont-Blanc qui mériterait certainement le premier prix s'il s'agissait de surmonter « pour l'amour de l'art » la plus grande somme imaginable d'obstacles naturels. Mais de pareilles folies techniques ne sont permises que là où la fin justifie réellement les moyens. Or, nous avons vu que d'après les juges les plus compétents, cette fin se réduit à créer une doubleur de la ligne du Mont-Cenis, une voie incapable de soutenir la lutte contre le Gottard

Même en Savoie et en Piémont, dans les contrées les plus intéressées en apparence au percement du Mont-Blanc, les partisans de cette entreprise deviennent de plus en plus rares. Les journaux de la Haute-Savoie ont reproché assez durement à leurs députés et sénateurs partisans du Mont-Blanc de nuire aux vrais intérêts du département et de la vallée de l'Arve en particulier, en poursuivant des plans chimériques. D'autre part, la Chambre de commerce de Turin abandonnait, dès 1882, le Mont-Blanc, après avoir entendu un rapport très sévère pour cette ligne de M. l'ingénieur Locarni, qui contient entre autres les conclusions suivantes :

« En examinant la carte des chemins de fer et le tableau comparatif des distances que nous avons eu l'honneur de vous présenter, il vous sera facile de vous convaincre que la ligne du Mont-Blanc, au lieu d'être une ligne nouvelle apportant de nouveaux éléments commerciaux, n'est en réalité qu'une succursale de la ligne de Fréjus. La ligne du Mont-Blanc n'est utile et ne peut être utile à aucun intérêt italien ou piémontais ; en conséquence elle ne pourra jamais obtenir les suffrages de cette Chambre... L'ouverture d'une ligne ferrée par le Mont-Blanc entraînerait une dépense énorme sans pro-

curer des avantages proportionnels ; la ligne du Mont-Blanc n'est supérieure au projet du Simplon ni pour les avantages économiques ni pour les avantages politiques ».

Voilà comment on parle à Turin, autrefois le principal et presque unique boulevard des partisans italiens du Mont-Blanc. M. Locarni se prononce ensuite pour le Saint-Bernard qui parut un instant attirer à lui les Anti-Simplonistes du Piémont. Mais tout récemment le projet du Saint-Bernard (ou col Ferret) vient d'être abandonné à son tour par son promoteur même, M. le baron de Vautherlet, qui propose aujourd'hui une solution, à peine ébauchée d'ailleurs, très peu différente de l'ancien projet du Mont-Blanc, que nous examinerons plus tard. Ces substitutions et restitutions successives ne sont pas faites pour ranimer la confiance déjà fortement ébranlée des partisans du Saint-Bernard et du Mont-Blanc. En réalité, il s'agit d'un traité d'alliance défensive contre le Simplon qui est sur le point d'aboutir, et l'on s'unit pour le combattre.

Il ne paraît pas d'ailleurs exister de société proprement dite pour l'étude sérieuse du projet du Mont-Blanc, qui depuis 1881 n'a pas fait un pas en avant. Les promoteurs semblent attendre tout des Etats intéressés et surtout de la France.

Cette dernière, il est vrai, eut un moment d'entraînement vers une entreprise qu'on lui présentait comme « essentiellement française » et qui s'attaquait au géant des Alpes en personne. Ce but audacieux attirait les ingénieurs français jaloux d'opposer à l'œuvre allemande du Gothard une conception française plus grandiose, plus digne d'admiration. Et malgré les difficultés énormes accumulées comme à dessein dans ce projet, nous ne doutons pas que le génie français eût fini par triompher de tous ces obstacles, comme à Suez et à Panama. Mais nous verrons bientôt au prix de quels sacrifices la France eût couru ainsi au-devant d'une victoire de Pyrrhus, laissant l'Allemagne maîtresse du champ de bataille économique, du riche marché de la Lombardie et de l'Émilie et du transit anglo-oriental de grande vitesse.

Les chiffres de distances virtuelles que nous avons donnés dans les articles pré-



cédents montrent combien peu le résultat économique eût été digne d'un pareil effort. Dès lors le bon sens que Descartes place à la base de toutes les sciences et de tous les raisonnements devait empêcher la nation cartésienne par excellence de se lancer dans une aventure de ce genre. Aussi, l'enthousiasme qui s'était emparé de la Chambre des députés en faveur de l'idée du Mont-Blanc (malgré l'avis contraire d'éminents ingénieurs) s'est-il évanoui bientôt et, nous pensons, pour toujours.

Le rapport de la commission parlementaire rappelait d'ailleurs que le Ministère ne lui avait pas fourni l'avant-projet de la ligne du Mont-Blanc, et qu'elle n'avait pu puiser des renseignements que dans un rapport sommaire de M. Margot, ingénieur en chef de la Haute-Savoie, et dans diverses brochures dont l'une porte la signature de M. le sénateur Chardon. M. Godin de Lépinay, ingénieur des ponts et chaussées, n'a produit devant la même commission qu'un tracé au crayon rouge sur un fragment de carte à petite échelle, et un profil en long à l'avenant. La littérature du Mont-Blanc se compose de quelques écrits polémiques de M. le sénateur Chardon et de M. l'ingénieur Bonelli, qui personnaient à eux deux le projet au nord et au sud des Alpes. On ne peut s'empêcher d'admirer la foi et l'ardeur infatigables de ces deux champions du Mont-Blanc. Mais ce que M. Vauthier disait, dès 1881 (dans son ouvrage souvent cité par nous), est vrai encore aujourd'hui : « La solution du Mont-Blanc, dans toutes ses parties : situation à choisir pour le tunnel ; longueur de celui-ci ; tracé des voies d'accès, depuis Sallanches en versant français, jusqu'à Ivry, dans la vallée d'Aoste, tout cela est encore l'inconnu ».

En effet, les promoteurs du Mont-Blanc n'ont jamais présenté de projet complet, avec plans, profils et devis, tels que les ingénieurs du Simplon en ont publié à plusieurs reprises en modifiant leurs dispositions suivant l'appui financier sur lequel leur entreprise pouvait compter, et en mettant à profit les nouvelles données de la science et de l'expérience acquise pendant les percements du Gothard et de l'Arlberg.

Dans ces conditions, la comparaison entre le projet du Mont-Blanc et celui du Simplon devient assez difficile. Nous serions même en droit de passer le premier sous silence comme ayant cessé de donner signe de vie depuis plusieurs années. Mais il suffit qu'un mouvement favorable au percement du Simplon se produise en France ou en Italie pour faire reparaître le revenant du Mont-Blanc allié à son rival du Grand Saint-Bernard, à seule fin d'empêcher ou de retarder l'exécution du

Simplon. Une interpellation toute récente qui s'est produite aux Chambres Italiennes en fournit une nouvelle preuve. D'autre part dans une réunion convoquée à Genève cet automne en vue d'établir une entente entre les contrées intéressées au percement de la Faucille, (1) M. le sénateur Chardon a annoncé, au grand étonnement des assistants, que le gouvernement italien allait procéder à un piquetage de la ligne du Mont-Blanc. On n'a plus entendu parler depuis lors de ce piquetage qui risquerait fort, du reste, de porter un coup mortel à un projet coûteux entre tous et si peu habitué au grand air.

Quoi qu'il en soit, il importe, en présence de ces manœuvres des adversaires du Simplon, d'examiner le problème de la percée du Mont-Blanc d'aussi près que le permettent les renseignements prudents fournis par ses partisans, et en nous appuyant d'autre part sur l'opinion d'ingénieurs et de savants très compétents.

M. l'ingénieur Joseph Bonelli fait remonter à l'an 1814 la première idée de relier Courmayeur à Chamonix par une galerie à travers le massif du Mont-Blanc, en citant à l'appui une demande adressée dans ce but par la commune de Courmayeur au gouvernement sarde. Cette idée fut reprise en 1844 par M. Le Martinet, puis successivement par M. J. Alby, M. Joseph Bonelli (en 1857), les chanoines Carrel et Gonet, le chevalier J. Corona. En 1875 un ingénieur belge, M. Stamm, en présenta un avant-projet très sommaire au congrès des sciences géographiques de Paris. Mais cet avant-projet de M. Stamm a subi depuis lors bien des modifications et variantes proposées et défendues par M. le chanoine Bérard, M. Jules Philippe député d'Annecy, M. Chardon, sénateur de la Haute-Savoie, MM. les ingénieurs Chabloz, Garola et Godin de Lépinay.

Sans entrer dans les détails des variantes proposées, on sait que la nouvelle voie internationale se détacherait de la ligne Collonges-Annemasse et suivrait la vallée de l'Arve par Bonneville, Sallanches et Chamounix, passerait sous le Mont-Blanc par un tunnel de 19 km à la cote de 1073 m (2), puis suivrait la vallée de la Doire par Pré-Saint-Didier et Aoste et rejoindrait à Ivry le réseau actuel des che-

(1) Nous avons parlé précédemment de ce projet escompté d'avance par les promoteurs du Mont-Blanc, mais dont le coût considérable rend l'exécution très problématique et dont les avantages ont été singulièrement exagérés par quelques journaux.

(2) D'après la solution la mieux étudiée et recommandée par M. le sénateur Chardon. D'autres variantes placent le tunnel à diverses altitudes qui varient entre 1 003 et 1 300 m.

mins de fers italiens. Dans ce tracé il y a lieu de distinguer les deux lignes d'accès et le grand tunnel. Chacune de ces trois parties est hérissée de difficultés, comme nous allons voir.

Écoutons d'abord un homme qui fait autorité dans les questions de traversée des Alpes, grâce à la part considérable et décisive qui lui appartient dans l'œuvre du Mont-Genis ainsi que dans celle du Gothard : M. Daniel Colladon, ancien professeur à l'École centrale, ingénieur-conseil de l'entreprise du tunnel du Gothard, membre du comité de l'Association du chemin de fer sous-marin de la Manche, a publié un important mémoire sur les *Inconvénients et les difficultés du tunnel étudié sous le Mont-Blanc et de ses lignes d'accès projetées* (Genève 1880).

L'éminent professeur s'occupe d'abord de la ligne d'accès du côté nord, où M. Godin de Lépinay se propose de racheter entre Annemasse et la tête du tunnel, 640 m, sans dépasser la pente de 12,5 pour mille sur tout ce parcours de 82 km.

« La plupart des grandes vallées près des chaînes centrales des Alpes, dit M. Colladon, présentent des successions de terrasses ou « ressauts » correspondant à des roches très dures qui font barrage, ou à un étranglement de la vallée (1). Sur le versant nord du Mont-Blanc on rencontre une énorme terrasse entre la vallée de Chamounix et celle de Sallanches. Ces terrasses ou « ressauts » offrent de sérieuses difficultés pour l'exécution de la voie. Ils nécessiteraient des pentes inadmissibles, si on voulait s'astreindre à suivre le profil du fond de la vallée.

« Il n'y a que deux systèmes pour surmonter cette difficulté : dans le premier on choisit sur la voie un point assez éloigné de la terrasse pour qu'en menant une ligne droite de ce point au ressaut, l'inclinaison de cette ligne sur un plan horizontal ne dépasse pas le degré d'inclinaison que doit avoir la rampe. On construit alors la voie parallèlement à cette ligne inclinée, ce qui oblige à abandonner le fond de la vallée et à s'élever contre les parois des montagnes latérales, quelquefois à de très grandes hauteurs. S'il y a des vallées latérales, ou de hautes moraines, des rochers de mauvaise nature, on doit établir de longs circuits ou d'énormes viaducs, dans les parties mouvantes on est appelé à faire des contreforts gigantesques

pour aller chercher un appui solide. Ce système est de beaucoup le plus coûteux, le plus dangereux et le plus incommode pour les populations, le plus long à bien établir dans de bonnes conditions d'exécution, celui qui, par la suite, exigera les plus grands frais d'entretien. C'est celui qu'avait adopté, en grande partie, M. Gerwig, au Saint-Gothard, et qui l'a conduit au gouffre béant d'un déficit certain de plus de cent millions. C'est le système que professent M. l'ingénieur en chef de Lépinay, M. l'ingénieur italien Chabloz, et les autres ingénieurs partisans du Mont-Blanc...

« L'autre système exécuté aujourd'hui dans les deux vallées d'accès du tunnel du Saint-Gothard, consiste à suivre le fond de la vallée jusqu'au pied du « ressaut », et là on rachète la hauteur de la terrasse par un ou deux grands tunnels en hélice, et à leur sortie on se retrouve au niveau de la vallée supérieure que l'on continue à suivre pour recommencer la même opération, si on rencontre une seconde terrasse. »

Ce système qui a amené au Gothard une économie d'une année sur la durée et de près de 20 millions sur le coût de l'exécution, pourrait être adopté sans doute pour le Mont-Blanc.

« Mais alors, fait observer M. Colladon, il faudrait recourir à une étude sérieuse à une échelle relativement grande et à des devis détaillés, et l'on ne pourra plus se contenter de représenter les voies d'accès des vallées de l'Arve et de la Dora par des lignes droites, et supposer « à priori » des prix de construction de 300 à 400 mille francs par kilomètre ; dès lors, les avantages de la ligne pour ainsi dire de plaine du Simplon apparaîtront d'une manière incontestable. »

M. Colladon pense « qu'une voie qui, sur la moitié de sa longueur, longerait des moraines et des terrains d'éboulis peu cohérents, ce qui arriverait dans la vallée de la Doire, si on en juge par les indications fournies par le savant géologue italien Baretta, au lieu de coûter 300 à 400 mille francs, ne saurait être établie à moins de 800 000 fr par kilomètre ».

Cette évaluation de M. Colladon, qui date de 1880, paraîtra plutôt modérée aujourd'hui qu'on sait que le kilomètre de double voie de la ligne d'accès du Gothard est revenu à 1 400 000 fr. Et pour la partie la plus difficile de la rampe d'accès nord du Mont-Blanc, de Cluse à Chamounix, nous n'exagérons rien en comptant le kilomètre à un million, ce qui fait 32 millions pour cette partie qui reste à construire, dépense qui tomberait tout entière à la charge de l'État français.

La ligne d'Annemasse à Cluse est aujourd'hui construite en partie, et le reste est

(1) Par une exception à peu près unique, la vallée du Rhône ne présente pas de ressaut, ce qui a permis de faire reposer la ligne ferrée du Simplon dans toute sa longueur sur le sol de la vallée.

en cours de construction à l'heure qu'il est. Mais il y aurait sans doute encore quelques millions à dépenser sur cette ligne si elle devait être adaptée aux exigences d'une grande voie internationale.

M. L. L. Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées, se montre également sévère pour les deux lignes d'accès nord et sud projetées.

« On poursuit au Mont-Blanc, dit M. Vauthier, (1) des solutions qui paraissent excessives. On cherche, des deux côtés, à arriver aux têtes du tunnel avec des rampes ne dépassant pas 12,5 mm. C'est une illusion. Le chemin de fer de Chamounix est tracé jusqu'à Cluse. De là, pour monter au Mont-Blanc, il faudra des rampes de 25 mm et ces rampes feront passer à plus de cent mètres au dessus du thalweg de l'Arve, dans des rochers abrupts, à une hauteur vertigineuse, le tracé de la ligne que des rampes plus faibles porteraient encore plus haut, sur de plus grandes longueurs.

« En versant italien, dans la vallée de la Dora, entre Ivree et Aoste, la hauteur à racheter, sur 67 km, avec quelques défilés très difficiles, est de plus de 360 m, et, en amont d'Aoste, c'est sur d'immenses talus et moraines fortement inclinés, et au milieu de vastes éboulements de rochers, qu'il faudra asseoir la ligne, à une élévation de 35 à 40 m au-dessus du Thalweg. Et quels que soient les efforts que l'on tente à ce sujet, on ne pourra se dispenser d'excéder notablement dans cette partie, la fameuse rampe de 12,5 mm qu'on aura déjà été forcé de dépasser entre Ivree et Aoste. En supposant même, en effet, la tête sud du tunnel établie à l'altitude de 1030 m, — ce qui oblige, sur plus de 5 km, à placer la galerie sous le Thalweg de la Dora, dans des conditions géologiques périlleuses, en s'exposant à d'énormes difficultés pratiques, — il n'y en aurait pas moins à s'élever, depuis Aoste, de 430 m, ce qui, avec un déveoppement de 30 km, conduit à une rampe contournée de bien près de 15 mm, sans rien compter pour les stations et pour toutes les parties du tracé où l'on ne peut atteindre rigoureusement la rampe limite. »

Enfin, MM. les professeurs Renevier et Heim, chargés de l'étude géologique des massifs du Simplon et du Mont-Blanc et de leurs abords, parlent des accès méridionaux des deux tunnels dans les termes suivants : « La partie centrale de la ligne d'accès sud du Mont-Blanc, de Levrogne à Morgex, nous paraît devoir présenter de très grandes difficultés, égales ou mêmes supérieures à celles

des parties les plus épineuses des rampes d'accès du Gothard.

« La rampe d'accès méridionale du Simplon, de Domo d'Ossola à Isello, présente, à notre avis, des conditions géologiques et orographiques infiniment plus favorables. La roche en place y est beaucoup plus solide et massive, les éboulis beaucoup moins abondants, et la vallée n'y présente pas, comme dans le haut de la vallée d'Aoste, de ces gorges étroites ou de ces défilés où l'on ne peut pas se représenter un chemin de fer autrement que formant une série de tunnels successifs, comme à la Riviera di Liguria.

En admettant pour les 29 km de Pré-Saint-Didier (tête sud du tunnel) à Aoste, le même chiffre kilométrique que pour la rampe Cluse-Chamounix, le coût total de la première sera de 29 millions.

Il ne faudrait pas trop compter sur l'empressement que mettrait le gouvernement italien à construire à ses frais des lignes d'accès aussi difficiles et aussi coûteuses, d'autant moins que pour rendre à la voie du Mont-Blanc la lutte moins difficile, ses partisans réclament encore une ligne directe de Ivree à Santhia. Toutes ces dépenses pour aboutir à une doublure du Mont-Cenis ! On ne saurait en vouloir aux Italiens de faire la sourde oreille.

Passons maintenant au *grand tunnel*, qui aurait une longueur de 19 km. à l'altitude de 1073m (d'après la variante recommandée par M. Chardon). Pour donner le change, ses promoteurs le divisent en deux parties, le tunnel proprement dit, à travers le massif du Mont-Blanc, qui aurait 13640m, toujours d'après M. Chardon, et une galerie dite « sous-vallée », de 5300m, qui prolongerait le souterrain en ligne droite sous la vallée de Courmayeur. Cette galerie sous-vallée, que l'on compte attaquer par trois puits, est représentée au public comme une vraie partie de plaisir ; on la désigne aussi sous le nom modeste de « galerie d'accès », dont on parle d'ailleurs le moins possible. Nous verrons bientôt ce qu'elle est en réalité.

Une compagnie de chemins de fer n'entreprend pas un percement d'une longueur de plusieurs kilomètres sans consulter auparavant des géologues capables de lui fournir des renseignements complets sur les terrains qu'on aura à traverser, sur la résistance que les roches pourront opposer à la perforation, sur les conditions statiques, hydrologiques et thermiques qui sont à prévoir. Ainsi les préavis demandés à trois savants géologues par la compagnie du Gothard, en particulier celui de Studer (1), le célèbre doyen des géologues

(1) Le percement du Simplon devant les Chambres, page 26.

(1). Les deux autres savants consultés étaient

suisses et premier explorateur du massif central des Alpes, ont été pleinement confirmés par les coupes relevées pendant le percement (et réunies dans le superbe atlas publié par M. le Dr Stapff).

La compagnie concessionnaire du chemin de fer du Simplon, comprenant l'importance de l'exploration géologique du massif à traverser, en chargea, en 1877, trois savants connus par leurs travaux sur les parties les plus difficiles des Alpes. M. Ch. Lory, professeur et doyen de la Faculté des sciences à Grenoble, M. Eug. Renevier, professeur à l'Académie de Lausanne, qui a représenté la Suisse à plusieurs congrès géologiques internationaux, et M. Heim, professeur au Polytechnicum fédéral de Zurich, jouissent dans le monde scientifique d'une réputation trop bien établie pour que nous ayons à faire leur éloge. Les résultats de leur première expertise ont été publiés par M. Renevier dans le bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles de 1878. En parlant du projet du Simplon, nous reviendrons sur ces résultats ainsi que sur ceux des expertises de 1881 et 1882.

En 1881, les trois mêmes géologues furent chargés par le comité du Simplon d'entreprendre une étude pareille sur le Mont-Blanc, afin de pouvoir comparer, soit entre elles, soit avec les résultats fournis par le tunnel du Gothard, les conditions géologiques des deux passages projetés. M. le professeur Lory, retenu à Grenoble par les préparatifs du Congrès de la Société géologique de France, ne put se joindre à ses deux collègues, mais il fit connaître son opinion sur les points discutés par une lettre dont nous citerons plus loin les conclusions.

L'étude de MM. Renevier et Heim au Mont-Blanc a porté surtout sur la section « sous-vallée » du grand tunnel, section que les deux géologues considèrent comme « un travail des plus dangereux et coûteux ». Voici, d'après leur rapport, les terrains que traverserait le tracé :

« 1.) *Erratique* plus ou moins remanié par la Doire et alluvions des torrents latéraux, accumulation de graviers et blocs de toutes grosseurs, parmi lesquels beaucoup de blocs de protogène. Terrain éminemment défavorable au percement, à cause de son peu de cohésion générale, jointe à la dureté des éléments qui le composent. Infiltrations probablement assez fortes sur le côté ouest du tunnel.

« 2.) *Calschistes micacés*, et 3.) *Calcaires*

M. de Fritsche, représentant de l'Allemagne, et M. Giordano, inspecteur général des mines du royaume d'Italie, qui avait déjà rempli avec distinction la même mission au Mont-Cenis.

*massifs*, roches favorables au percement, à traverser sur 1800 à 2150 m.

« Le reste du parcours, continue le rapport, jusqu'au torrent de la Victoire ou de Dollone, est formé au contraire d'un ensemble stratigraphique bien connu dans nos Alpes et attribué généralement au trias : gypse, cornicule et calcaire dolomitique. *Ce sont à nos yeux, les terrains les plus défavorables que l'on puisse rencontrer dans un tunnel.*

« 4) *Gypse*. Le tunnel aura à traverser sur environ 300 m une puissante masse de gypse. Une partie de ce dernier se trouve à l'intérieur du sol à l'état d'anhydrite. « Celle-ci, ajoutent les experts, exposée à l'humidité et à l'air, absorbe de l'eau et se transforme lentement en gypse. Dans cette hydratation l'anhydrite augmente de volume dans la proportion de deux à trois, ce qui entraîne l'obstruction des galeries ou des tunnels percés au travers de cette roche. C'est ce qu'on a observé dans quelques mines de sel gemme, ainsi que dans des tunnels de chemin de fer en Bohême et en Allemagne, dont quelques-uns ont dû être, pour ce fait, abandonnés. Nous estimons que l'anhydrite est la matière la plus dangereuse que puisse rencontrer un tunnel, et si celui du Mont-Blanc se trouvait traverser cette roche, ce qui est assez vraisemblable, nous pouvons dire que se serait bien autre chose encore que la mauvaise partie du Gothard ».

5.) *Cornicules et calcaires dolomitiques*, roches très sujettes aux infiltrations, et le tunnel les couperait précisément dans le bas de la vallée, près du thalweg et dans une région riche en sources.

6) *Schistes lustrés*, roches d'une perforation facile, mais très éboulantes et favorables aux infiltrations.

Viennent ensuite 7, 8, 9 et 10, des gneiss, schistes et granits (protogynes), roches dures à percer, mais ne présentant pas d'autres difficultés.

Après avoir étudié la structure géologique proprement dite, MM. Heim et Renevier passent à l'examen des conditions hydrologiques : Ils constatent que, pour ce qui concerne le tunnel proprement dit du Mont-Blanc, elles sont assez semblables à celles du Gothard et du Simplon, « mais il en est tout autrement, disent-ils, dans la galerie « sous-vallée. Ici, en effet, les circonstances « sont des plus fâcheuses et inquiétantes.

« 1) Le tunnel se trouve là sous la vallée. « A partir de l'entrée sud l'enfoncement « du tunnel en-dessous de la rivière principale croît graduellement jusqu'à la faible « profondeur de 230 m environ, près d'En- « trèves. ». Pour le tracé le plus favorable



(proposé par M. Baretti dans son rapport géologique) l'écartement du fleuve en distance horizontale varie de 150 à 700 m, avec une moyenne de 300 m, et près d'Entrèves le tunnel passe sous la branche occidentale de la Doire.

« En outre, la *galerie sous-vallée* passe « sous une série de torrents qui se jettent « dans la Doire. Tout le fond de la vallée est « rempli de déjections torrentielles et de « dépôts glaciaires. Depuis le niveau du « fleuve jusqu'au sommet des terrasses sur « lesquelles reposent Courmayeur, Vernond « et Dollone, le sol est entièrement composé « de pareils matériaux meubles.

« Ces accumulations erratiques, avec les « torrents et ruisseaux qui les parcourent, « forment une sorte de grand appareil d'in- « filtration, une grande éponge qui imbibé « les roches sous-jacentes. Avec la faible « profondeur du tracé en dessous du sol et « avec le plongement considérable des cou- « ches, on peut s'attendre à ce que le tunnel « soit mis en communication avec ce grand « appareil d'infiltration, soit par de nom- « breuses fissures, soit par la perméabilité « des couches elles-mêmes. De cette manière, « un volume d'eau très important pénétre- « rait dans la galerie sous-vallée, complique- « rait beaucoup les travaux et augmenterait « considérablement le danger, toujours à « redouter, de l'éboulement des terrains im- « bibés d'eau. Les circonstances sont ici bien « plus défavorables que dans le tunnel du « Gothard, par exemple de Goeschenen jus- « qu'aux Auderematt, où la distance verticale « entre le tunnel et le thalweg est d'au « moins 300 m, et où les roches sont, à peu « d'exceptions près, remarquablement so- « lides, compactes et imperméables. Dans le « tunnel du Mont Blanc, ces difficultés hy- « drologiques sont à prévoir avec certitude « sur une longueur d'environ 6,5 km.

« 2) La vallée de Courmayeur est riche en « sources minérales importantes, largement « utilisées, soit pour des cures sur place, « soit pour l'exportation. Ce sont des sources « sulfureuses et des sources ferrugineuses « d'une grande valeur.

« D'après toutes les expériences faites « dans les tunnels et galeries de mines, il « est infiniment probable que toutes ces « sources tariraient et que leurs eaux s'écou- « leraient dans le tunnel. En effet, les couches « aquifères, bien loin d'être séparées du « tunnel par quelque couche imperméable, « ont un plongement tel qu'elles sont toutes « coupées par le tunnel. Bien plus, cet « accident se produira précisément sur un « parcours où les roches, à cause de leur « peu de consistance, provoqueront déjà

« par elles-mêmes, lors du percement, de « très grandes difficultés.

« 3) Il faut encore mentionner le fait très « probable que le tunnel coupera et tarira « bon nombre d'autres sources qui alimen- « tent les fontaines des villages ainsi que « quelques sources ordinaires qui s'écoulent « dans les cours d'eau.... Cette vallée « riche en sources serait ainsi privée d'eau, « et il faudrait des travaux importants « pour aller chercher, dans les vallées laté- « rales, les eaux nécessaires à son alimen- « tation. En revanche, le tunnel serait en- « combré de toutes ces eaux qui y formeraient « presque une rivière. Si nos prévisions ci- « dessus sont fondées, et nous ne com- « prendrions pas qu'il pût en être autrement, « les dommages pour la vallée tout entière, « et comme conséquence, les frais pour « l'entreprise du tunnel sont incalculables.

« 4) Enfin, nous devons signaler les in- « convénients que présenteront les eaux « pour les puits projetés, même dans les « plus favorables prévisions. Les avantages « que présenterait la possibilité de pour- « suivre les travaux de percement par plu- « sieurs puits d'attaque, dès le fond de ces « puits, seraient, selon toute probabilité, « reudus illusoirs par les frais et les « dangers qui résulteraient de ces venues « subites d'eau».

M. Colladon parle aussi de cette galerie sous-vallée dans son importante brochure précitée. L'illustre savant appuie en particulier sur l'analogie que présente cette galerie avec l'extrémité sud du tunnel du Gothard :

« La vallée d'Airolo, dit-il, a une grande « analogie avec la vallée de l'Allée-Blanche « au pied du Mont-Blanc. Tous ceux qui ont « pris intérêt aux travaux de percement du « Saint-Gothard savent que la perméabilité « des roches du côté d'Airolo a produit des « infiltrations énormes dans le tunnel : huit « cent mille litres par heure. Le même « danger menace évidemment le prolonge- « ment du souterrain du Mont-Blanc sous « l'Allée-Blanche et le lit de la Doire.

« Si M. l'ingénieur en chef de Lépinay et « et M. Chabloz avaient suivi de près les « travaux du tunnel du Saint-Gothard, ils « auraient reculé devant l'idée malheureuse « de conseiller le creusement d'un ou de « plusieurs puits inclinés à percer sous « la vallée de la Doire.

Enfin, M. le professeur Lory, empêché d'accompagner MM. Renevier et Heim au Mont-Blanc, rappelle dans une lettre adressée le 12 août 1881 à M. le colonel Ceresole, président du Comité du Simplon, qu'il connaît depuis longtemps la vallée de Courmayeur,



ce qui lui permet de donner son opinion sur la galerie sous-vallée.

« Le tracé dit « Galerie sous-vallée » déclare M. Lory, ne me paraît possible dans la partie comprise entre Pré-Saint-Didier et l'Allée-Blanche, qu'en s'écartant du thälweg et pénétrant profondément sous les roches en place du massif du Cramont et du Mont-Chétif, pour éviter le danger de trouver des roches peu consistantes, et surtout une grande assise gypseuse, à une faible distance de la surface où elles sont désagrégées par les infiltrations des eaux. Il en serait de même pour un tracé sous l'autre flanc de la vallée (rive gauche), dont la constitution géologique est absolument la même. »

« Le passage sous le val d'Entrèves, entre le Mont-Chétif, rive droite, ou de la Saxe, rive gauche, et le massif du Mont-Blanc, présenterait, à mon sens, les chances de difficultés les plus sérieuses de tout le tracé, quelques modifications qu'on y propose. En effet, ce passage devrait avoir lieu, sur un trajet d'environ 3 km, dans un paquet de schistes argilo-calcaires fortement inclinés qui ne sont point régulièrement superposés aux roches cristallines du Mont-Blanc au N.-O., ni du Mont-Chétif ou de la Saxe au S.-E., mais au contraire détachés les uns des autres par des failles en surplomb. »

« Ces schistes seraient, sur une traversée de 3 km environ, dans les mêmes conditions géologiques que ceux du val d'Andermatt dont l'épaisseur est bien moindre, et vu les conditions physiques locales, les masses d'eau provenant des glaciers de l'Allée-Blanche, les infiltrations possibles à la profondeur où passerait la galerie, on peut être raisonnablement conduit à supposer que l'on aurait à lutter contre des difficultés au moins égales à celles qu'a éprouvées le souterrain du Gothard à son passage sous Andermatt. »

« Telles sont, Monsieur le président, les conclusions que je crois pouvoir déduire de mes études géologiques dans la vallée de Courmayeur ; elles sont de nature à confirmer l'opinion émise par M. Colladon, concernant les difficultés probables d'une voie en galerie sous l'un ou sous l'autre des flancs de cette vallée, et surtout dans le passage sous le val d'Entrèves. »

#### *La question thermique*

La partie du grand tunnel qui passe sous le massif du Mont-Blanc même, présente une assez grande analogie, au point de vue géologique, avec celui du Simplon dont nous parlerons plus loin. Dans les deux souter-

rains, on doit s'attendre à rencontrer des températures de la roche supérieures au maximum constaté au Gothard. Or, les tristes expériences qu'on a faites dans ce tunnel sur les conditions du travail à cette température ont, à juste titre, attiré l'attention des ingénieurs et des savants. Il n'est plus permis aujourd'hui de méconnaître l'importance de cette question géothermique dans le choix du tracé d'un grand tunnel alpin.

M. le Dr Stapff, ingénieur-géologue de la Compagnie du Gothard, a eu le mérite d'aborder le premier le problème de la répartition de la chaleur dans un massif de montagnes (1) qu'il s'agit de traverser. A la suite de ses premières études, il a prédit, à un degré près et trois ans à l'avance, la température maxima qu'on rencontrerait dans la partie centrale du souterrain du Gothard. Cependant la méthode analytique sur laquelle il a cru devoir appuyer ses prédictions, ne nous paraît point à l'abri de tout reproche. Elle est surtout peu susceptible d'être généralisée (comme son auteur l'a tenté dans des écrits destinés à combattre le projet du Simplon).

D'autre part, M. Stapff était loin de soupçonner d'avance le degré de difficulté qui devait résulter au Gothard même, dans une atmosphère saturée d'humidité, de ces températures de 29° à 32° C. Deux ans plus tard, lorsqu'il en eut constaté les effets désastreux sur la santé et les forces des ouvriers, il publia dans la *Revue universelle* de Liège un nouveau mémoire très remarquable intitulé : *Étude sur l'influence de la chaleur de l'intérieur de la terre, sur la possibilité de construction des tunnels dans les hautes montagnes.*

Mais il appartenait à M. de Stockalper, chef de service à la tête nord du grand tunnel du Gothard, de nous offrir le tableau le plus complet et le plus poignant de ces difficultés extraordinaires contre lesquelles il a été appelé à lutter avec ses ouvriers, et d'indiquer les moyens les plus propres, selon lui, à les éviter à l'avenir. Nous ne pouvons citer ici que quelques extraits de cet important mémoire (2) auquel nous renvoyons nos lecteurs pour tous les détails.

« La chaleur concentrée sur les cinq kilomètres de la partie centrale du tunnel du Gothard a eu un effet désastreux, soit sur la santé du personnel occupé à ces travaux,

(1) *Études sur la répartition des températures au Saint-Gothard.* Berne, Schmid 1877.

(2) *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine*, par E. de Stockalper, ingénieur. En vente chez Baudry, 15, rue des Saints-Pères, Paris.

soit sur le progrès des travaux eux-mêmes, soit enfin sur le résultat financier de l'entreprise. La situation commença à paraître grave dès que la température eut atteint 29° C. Elle empira dans une progression effrayante jusqu'au centre du tunnel, où la température de la roche s'éleva à 31° C...

« ... La température de la roche de 29° C a été rencontrée du côté sud, à 4 500 m de la tête, en janvier 1878; du côté nord, à 5 500 m de la tête, en mai 1878.

« Dès ces points, la température a progressé graduellement jusqu'au centre du tunnel, où la roche avait une température de 31° au moment du percement de la galerie, effectué le 29 février 1880. Donc, sur les cinq kilomètres du centre du tunnel du Gothard, la température fut supérieure à la température maxima du Mont-Cenis.

« A la chaleur de la roche viennent s'ajouter d'autres causes qui augmentent encore la température de l'air ambiant dans les chantiers en travail. Ces diverses causes sont : la réunion, sur un espace relativement restreint, des ouvriers qui travaillent, la combustion des lampes de mineur, l'explosion des mines. Dans les cas les plus défavorables, ces différentes causes ont amené une augmentation de température qui a élevé la température de l'air de 4° au dessus de la température de la roche; de sorte que la température maxima accidentellement observée a atteint 35°. Mais généralement l'augmentation de température, selon les observations de M. Stapff, n'a été en moyenne que de 1°5 pendant les travaux de déblaiement de la galerie d'avancement, travaux à faire immédiatement après l'explosion des mines. De sorte que le maximum de la température sous laquelle des travaux devaient régulièrement s'effectuer a atteint le chiffre de 32°5.

« Cette chaleur eut pour première influence pernicieuse sur l'état atmosphérique du tunnel celle de saturer l'air d'humidité, en transformant en vapeur tous les suintements d'eau, toute l'humidité de la roche. Les observations de M. Stapff permettent de constater que les vapeurs d'eau contenues dans l'atmosphère du tunnel étaient de six à neuf fois celles observées aux mêmes jours dans l'atmosphère extérieure.

« Un second effet fâcheux de la chaleur sur l'atmosphère du tunnel est celui de raréfier sensiblement l'air atmosphérique. Dans ces conditions climatiques inhérentes à la construction d'un tunnel alpin, on conçoit aisément que non seulement le travail, mais l'existence elle-même devienne difficile.

« Les conséquences pernicieuses qui se manifestèrent au Gothard et qui avaient

atteint le caractère de gravité d'une véritable épidémie, ont attiré, avec raison, l'attention des hommes spéciaux et même des gouvernements qui patronnaient cette entreprise. »

M. de Stockalper cite en particulier le rapport de M. le docteur Sonderegger, délégué par le gouvernement fédéral sur les chantiers en mars 1880, soit un mois après le percement qui avait déjà amélioré quelque peu les conditions hygiéniques : « En entrant dans l'atmosphère chaude et « humide du tunnel, dit M. Sonderegger, « une transpiration abondante se manifeste, « qui transperce les vêtements et les rend à « la longue insupportables ; aussi, les mineurs « travaillent nus. Un employé m'a affirmé « qu'il comptait ordinairement dans le tunnel « ses pulsations à 150 par minute et ressent « tait de pénibles battements de cœur.

« D'une manière générale, on se plaint « d'une grande fatigue ; d'autres disent que « leurs membres sont comme brisés. Dans « cet air très humide, la transpiration ne « s'évapore presque pas, la soif devient inextinguible... L'effet de l'atmosphère chaude « et humide atteint généralement les organes « de la digestion. Dans le tunnel, comme « sous les tropiques, l'appétit disparaît. Il se « déclare une grande prédisposition aux « catarrhes de l'estomac et des intestins ; on « tend vers un état gastrique bilieux. Les « ouvriers nouveaux sont ceux qui souffrent « le plus, et les chevaux qu'on emploie en « grand nombre succombent en quantité. « Chez eux aussi, on constate à un degré « frappant, une fatigue énorme et le manque « d'appétit. C'est ainsi que le travail prolongé « dans le tunnel donne aux hommes un « aspect particulier. Ils deviennent pâles et « maigres. »

A la même époque, deux professeurs de Turin, MM. Concato et Peroncito, avaient constaté chez les ouvriers du tunnel du Gothard, qui moururent d'anémie à l'hôpital de Turin, la présence de petits vers intestinaux, connus sous le nom « d'*ankylostome duodénal* », observés déjà dans les pays chauds et qui sont endémiques en Egypte. Ils attribuèrent à la présence de ce parasite l'anémie qui sévissait au Gothard.

Cette opinion ne fut pas partagée par deux de leurs collègues, MM. les professeurs Pozzolo et Pagliani, qui se rendirent à Airolo et constatèrent réellement la présence de nombreux ankylostomes chez un grand nombre d'ouvriers du tunnel, mais ils déclarèrent qu'à leur avis, la maladie dont étaient généralement affectés les ouvriers du tunnel, n'était point une maladie nouvelle, mais la maladie connue dès longtemps sous le nom

de l'anémie des mineurs; que l'ankylostome devait être considéré comme une complication de cet état maladif, mais non comme sa cause première. (1)

C'est à cette manière de voir que se range aussi M. le Dr Sonderegger: « Cette maladie, dit-il dans son rapport, existe certainement et on en constate bien des cas. » Après en avoir décrit les symptômes, M. Sonderegger établit aussi, par différentes observations, que la présence du parasite ne peut expliquer la généralité de la maladie dominante et qu'elle doit être envisagée comme une complication de l'anémie.

Enfin, le Dr Lombard, de Genève, confirme l'assertion de MM. Pozzolo, Pagliani et Sonderegger.

« En définitive, dit-il, bien loin d'attribuer à une cause occulte et qui n'est en aucune manière démontrée, la maladie en question, j'admets qu'elle soit tout simplement, l'anémie des mineurs, dont il est facile de démontrer le développement, sous l'influence d'un travail fatigant, dans une atmosphère plus ou moins impure, très chargée d'humidité, dont la température est très élevée et l'obscurité plus ou moins complète ».

« Nous abandonnerons à l'examen des spécialistes, dit M. de Stockalper, l'étude de cette question, à savoir si le parasite est la cause principale de l'anémie, ou s'il n'en est qu'une complication. Au point de vue qui nous occupe, nous nous bornerons à affirmer que la cause de ces deux maladies est la même: la chaleur. En effet, il résulte des déclarations des deux médecins du tunnel, que l'anémie n'a commencé à prendre de l'extension du côté sud que dès la fin de 1878, et du côté nord que dès la fin de 1879, soit au moment où la température du tunnel atteignait 30°. Et cependant on y travaillait depuis six ans, sous les mêmes conditions hygiéniques; rien d'ailleurs n'y était changé, sauf l'accroissement de la chaleur et avec elle l'accroissement de l'humidité.

« La chaleur souterraine est donc évidemment la cause première du développement, soit de l'anémie, soit du mal causé par le parasite, mal appelé ailleurs avec raison la chlorose égyptienne ou l'hypohémie inter-tropicale.....

« Après l'exposé qui précède des conditions sous lesquelles devait s'exécuter le travail, sur les cinq kilomètres de la partie centrale du tunnel, il est facile à chacun de se

représenter, continue M. de Stockalper, combien ce travail devait être pénible et coûteux.

« Que devaient et pouvaient, en effet, produire des hommes, dans un état constant de fièvre artificielle, dont le nombre des pulsations atteignait 140 à 150 par minute et dont la chaleur corporelle s'élevait jusqu'à 40°.

« Aussi les ouvriers ne purent-ils plus supporter un travail quotidien; ils ne venaient au travail que deux jours sur trois. Les salaires journaliers durent être augmentés de ce fait de 25 p. c, tandis que le nombre d'heures effectives de travail par jour était réduit de 7 à 5, pendant lesquelles encore l'ouvrier était paralysé dans son énergie, impuissant dans ses efforts. Sous ces conditions, le prix de revient de la main-d'œuvre fut en général plus du double et souvent plus du triple de ce qu'il était dans les premiers kilomètres du tunnel.....

« Au prix des plus grands sacrifices, on ne pouvait même pas maintenir le nombre utile d'ouvriers; car en moyenne, au bout de deux mois, ils quittaient le tunnel du Gothard, pour aller chercher ailleurs une atmosphère plus supportable. »

A quelle température s'arrête la possibilité des travaux souterrains? C'est encore M. le Dr Stapff qui, le premier, s'est posé cette question. Il l'a soumise à M. le professeur Dubois-Raymond, qui lui répondit :

« Si l'air est saturé, je ne crois pas, à priori, qu'il soit possible que des créatures humaines y résistent avec une température de 50°. Il est presque sûr que, dans une atmosphère saturée d'eau, une température de 40° soit mortelle... Il est possible à l'homme de supporter 50° dans l'air le plus sec possible..... »

Cette opinion du savant physiologiste de Berlin est confirmée par l'expérience acquise dans les travaux de mines, surtout en ce qui concerne l'influence de l'humidité. M. Fayol, directeur des houillères de Commentry, dit dans une étude, devenue classique, sur les incendies souterrains : « On a vu des hommes résister, pourvu que ce fût pendant un temps suffisamment court, dans une atmosphère sèche, à 60 et 80 degrés (1). Au contraire, l'humidité, déjà pénible à partir de 25°, rend absolument insupportable, même pour une très courte durée, une température de 35 à 40°. »

Il est d'ailleurs évident que la limite pratique indiquée par l'expérience, et pour un travail régulier et soutenu, doit être infé-

(1) Une étude très complète et très intéressante sur l'ankylostome duodéal et la maladie des mineurs du Gothard a été publiée en 1881, par M. le professeur Dr Bugnion à Lausanne, Rouge, éditeur.

(1) Ce cas se présente parfois dans les travaux destinés à arrêter ou limiter les incendies spontanés des houillères.

ricure à la limite théorique donnée par la science physiologique, de même que la limite de résistance admise par les constructeurs doit toujours rester inférieure à celle que l'on tire de la théorie pure. Et les ingénieurs habitués à diriger des travaux souterrains, comprendront M. de Stockalper lorsqu'il dit :

« Quand on était arrivé au point où déjà les chevaux ne résistaient plus, où la plupart des visiteurs étrangers au tunnel se trouvaient indisposés, où bon nombre d'ingénieurs et conducteurs des travaux étaient souvent empêchés par les vertiges de remplir leurs fonctions ou même devaient les abandonner complètement, où les plus jeunes et les plus vaillants d'entre eux devaient réunir toute leur énergie, toute leur force morale pour exécuter avec sûreté la moindre opération géodésique; quand les ouvriers fatigués par la maladie désertaient les chantiers les plus exposés, chacun se demandait ce qu'il adviendrait si la température augmentait encore de quelques degrés. »

Enfin, citons les paroles de M. le docteur Giaccone qui a occupé pendant les trois dernières années du percement du Mont-Cenis le poste de médecin du chantier nord et qui a rempli ensuite les mêmes fonctions au chantier nord du tunnel du Gothard pendant toute la durée des travaux, avec un zèle et un dévouement inaltérables (selon l'expression de M. de Stockalper) :

« Au Gothard, dit le Dr Giaccone (1), on a atteint l'extrême limite du supportable. En essayant d'aller plus loin, on se lancerait inévitablement dans une malheureuse aventure, d'autant plus terrible et inexcusable qu'elle serait prévue. »

Il ne faudrait pas, toutefois, conclure de ces citations qu'une température de la roche supérieure à 30 ou 31° C., soit au maximum observée au Gothard, rend d'emblée la construction d'un tunnel impossible. Car là où la force hydraulique est suffisante (ce qui, malheureusement, n'était pas le cas au Gothard), il existe des moyens propres à abaisser la température de l'air des chantiers de 8 à 10° C., au moins, au-dessous de la température de la roche attaquée. Le plus sûr de ces moyens, le seul sur lequel l'expérience acquise dans les travaux de mines permette de compter absolument, est une ventilation puissante qui aura en même temps le grand avantage d'abaisser le degré d'humidité et de rendre ainsi une même température beaucoup plus supportable.

(1) Dr Giaccone. *Les galeries souterraines et la maladie des mineurs.*

(En parlant du projet du Simplon, nous reviendrons sur cette question de la ventilation qui a été l'objet d'une étude spéciale de la part des experts chargés d'examiner le projet. Les conditions de ce dernier étant mieux déterminées que celle du Mont-Blanc, il sera plus facile de discuter à cette occasion les moyens proposés pour réaliser cette aération indispensable).

A l'action du courant général de ventilation vient s'ajouter l'abaissement de température obtenu au chantier d'avancement même par la détente de l'air comprimé qui a servi à la perforation.

Enfin, on sait qu'il y a cinq ans, un ingénieur allemand, M. Poetsch, est parvenu, par l'emploi d'une machine frigorifique, à obtenir la congélation des sables aquifères et à vaincre ainsi l'obstacle le plus redoutable que puisse rencontrer le fonçage d'un puits de mine, en portant la température du terrain de + 11° à - 19° C. Depuis ce beau résultat, dû à un véritable trait de génie (1), on ne doit plus désespérer d'arriver aussi à agir plus directement et plus énergiquement contre l'excès de température qui peut rendre si pénible et même inabordable le creusement d'un tunnel sous le massif central des Alpes. L'idée d'utiliser le procédé Poetsch, ou un procédé fondé sur le même principe, à l'abaissement des hautes températures rencontrées dans quelques travaux souterrains, a été émise par M. Haton de la Goupillière, membre de l'Institut et professeur à l'Ecole supérieure des Mines, dont personne ne contestera la haute compétence :

« On peut concevoir, dit notre éminent professeur (2), qu'en établissant du jour au fond, au moyen d'une canalisation spéciale convenablement feutrée, une circulation sous pression de solutions salines, dont la teneur abaisse suffisamment le point de congélation, ces liquides, en passant à travers des espèces de condenseurs de surface très simples, puissent permettre d'abaisser, dans la mesure du nécessaire, les élévations excessives de température. »

Depuis la publication de l'ouvrage cité, il a été fait une nouvelle application du même principe à un tunnel construit tout récemment à Stockholm. Le terrain consistait en sable et gros gravier unis par une argile qui se délayait sous les infiltrations de l'eau, de sorte que graviers et sables s'écoulaient par

(1). Il est juste de rappeler que la première idée de traverser les terrains aquifères par le moyen de leur congélation artificielle est due à M. C. Lambert, professeur à l'Université de Louvain.

(2). Haton de la Goupillière, *Cours d'exploitation*. Tome II, page 347



es plus petites ouvertures. Pour vaincre ces difficultés, l'ingénieur Lindmark installa une machine à air froid, fournissant par heure 700m<sup>3</sup> d'air à une température de -20°. Il la fit fonctionner pendant 60 heures, et obtint ainsi la congélation des parois du tunnel (1).

La réussite complète du procédé employé par M. Lindmark dans un tunnel nous rapproche de la solution du problème qui nous intéresse. Il fait aussi entrevoir pour cette application la possibilité d'une combinaison plus directe entre les deux principaux moyens d'action.

Il faudrait se garder toutefois de voir, dès aujourd'hui, dans ces moyens une ressource certaine et en quelque sorte illimitée (2) qui permettrait de vaincre à l'avenir n'importe quelle température concentrée dans un tunnel. Le procédé Poetsch n'a été employé avec succès, jusqu'à ce jour, que pour des traversées relativement courtes, exceptionnelles. L'application de cette méthode sur un ou même sur plusieurs kilomètres, dans la lutte contre une source de chaleur inépuisable, peut rencontrer bien des difficultés dont dépendra la limite pratique de l'action frigorifique, et qui entraîneront au meilleur cas une augmentation considérable des frais de percement, sans parler de la perte de temps et de la complication qui en résulteraient nécessairement dans un chantier étroit et déjà assez encombré. Aussi, tout en nous réjouissant de la découverte de cet auxiliaire précieux dans la lutte contre la température souterraine, pensons-nous que cette ressource extrême devra être réservée à la section la plus difficile, lorsque l'insuffisance des autres moyens sera démontrée. Et s'il est permis de compter sur un abaissement de la température naturelle de la roche de 8 à 10° par la ventilation seule, et de 18 à 20° par la combinaison de cet agent avec l'emploi d'une machine frigorifique adaptée à ce but spécial, il importera toujours de placer d'emblée le tunnel projeté dans des conditions géothermiques aussi favorables que possible, sans renoncer au tunnel de base, condition *sine qua non* de la victoire économique.

Cette préoccupation, fondée sur les cruelles expériences du Gothard, engagea M. de Stockalper à proposer en 1880 une modification du projet de 1878 du tunnel du Simplon, qui pénétrait en plein sous le massif du Monte-Leone, pour lui substituer un tracé reporté plus à l'ouest, se rapprochant de la

vallée de Krumbach et passant sous le col relativement bas du Simplon. Ce tunnel était tracé en ligne brisée, permettant l'établissement de puits, pour faciliter la ventilation.

La même préoccupation a présidé au choix des deux tracés du Simplon de 1882 et de 1886 de M. l'ingénieur en chef Meyer; dont nous aurons à parler bientôt avec plus de détails. C'est cette idée qui imposa en particulier un tunnel coudé, évitant le passage sous les sommets les plus élevés.

Les promoteurs du percement du Mont-Blanc semblent en revanche ignorer absolument dans leurs écrits l'expérience si chèrement acquise du Gothard.

Mais les savants chargés par le comité du Simplon de l'exploration géologique des deux passages rivaux se firent un devoir d'étudier avec beaucoup de soin les conditions géothermiques des tunnels projetés. Sans méconnaître la valeur des travaux de M. Stapff sur cette question, MM. Renevier et Heim se montrent plus prudents dans leurs conclusions, estimant avec raison que le problème est trop complexe pour être résumé par une formule générale.

« On ne possède pas encore, disent-ils  
« dans leur rapport d'expertise (1), un nombre suffisant d'observations sur la température souterraine des régions de montagnes pour nous permettre de déterminer d'avance d'une manière exacte, le degré de chaleur qu'on rencontre sur les différents points d'un tunnel à construire. Après l'étude attentive et approfondie des observations y relatives, de la bibliographie du sujet et des autres documents inédits que nous avons eus à notre portée, nous avons acquis la conviction que les nombreuses tentatives qui ont été faites jusqu'ici pour déterminer exactement par avance la température du sol dans la profondeur reposent sur des bases trop incertaines pour inspirer la sécurité, et quelquefois même leurs résultats sont erronés. En effet, la température n'est pas une fonction de la profondeur seulement, ni de la plus courte distance de la surface, mais bien plutôt de la forme générale du relief du sol, combinée avec les conditions de conductibilité des roches qui composent la montagne.

« En outre, les conditions de la température du sol, à une faible profondeur en dessous de la surface, pour les diverses altitudes au-dessus de la mer, sont encore très mal connues. Or ces températures du

(1). *La glace*, par Ed. Lullin, Bibliothèque universelle de janvier 1888.

(2). Ce serait d'ailleurs mal interpréter les paroles citées de M. Haton de la Goupillière, comme on le verra bientôt par une autre citation du même auteur.

(1). Ce rapport a été publié in extenso dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des sciences naturelles*. Tome XIX, 1883. — Rouge, Lausanne.



« sol superficiel devraient servir de point de départ à l'estimation des températures profondes. D'autres part les conditions de propagation de la chaleur dans les roches schisteuses sont différentes suivant la direction de la schistorité. Enfin, les infiltrations aqueuses influent aussi sur la température de la roche. L'influence de ces divers facteurs n'est pas encore suffisamment étudiée.

« Toutefois, si nous ne croyons pas possible de baser sur ces données des calculs exacts, nous pouvons néanmoins estimer la température probable qu'on rencontrera dans le tunnel du Simplon, avec une erreur possible de  $\pm$  ou  $- 3^{\circ}$  C., et cela grâce aux observations faites au tunnel du Mont-Cenis et surtout à celui du Gothard. Les conditions thermiques du tunnel du Simplon seront sans doute plus défavorables que celles du Gothard, dans lequel la température rencontrée a atteint le maximum de  $30^{\circ},75$ . Toutefois, si l'on choisit le tracé courbé qui nous a été soumis en dernier lieu (août 1882, longueur 20 km), ces conditions se trouveront moins défavorables qu'on ne l'avait prétendu, et en tout cas bien meilleures que dans le projet du Mont-Blanc, dans lequel sur une longueur de 3 km on dépasserait, selon toute probabilité, le chiffre de  $50^{\circ}$  C...

« A droite et à gauche du projet du tunnel du Mont-Blanc (1) le relief est encore plus saillant qu'il ne l'est sur l'axe même du tunnel, ce qui doit tendre à accroître encore la température interne du massif. En estimant par comparaison la température interne des tunnels du Simplon et du Mont-Blanc, nous trouvons que le tunnel du Simplon présenterait une température élevée sur une plus grande longueur que celui du Mont-Blanc, mais qu'en revanche, la température de ce dernier dépasserait, dans sa partie médiane, celle qui a été trouvée au Gothard et celle qu'on devrait trouver au Simplon, et atteindrait une élévation telle qu'on peut douter de la possibilité de son exécution. En estimant cette température d'après les chiffres les plus favorables que fournisse l'expérience acquise au Gothard, nous trouvons qu'il faut s'attendre à rencontrer dans le tunnel du Mont Blanc, entre Tacconnaz et Entrèves, sur une longueur de 9 km, une température dépassant  $30^{\circ}$ ; dans la portion médiane de ces derniers, sur 5 km, une chaleur dépassant  $40^{\circ}$ , et qu'enfin dans la section tout à fait centrale, évaluée à 3 km, on atteindrait bien au-delà de  $50^{\circ}$ . »

M. de Stockalper est arrivé de son côté en employant une méthode un peu différente, à un résultat presque identique.

Citons, d'autre part, une lettre adressée à M. l'ingénieur en chef Meyer par M. de Lapparent, professeur de géologie à l'institut catholique. Cette lettre qui a été reproduite par le *Bulletin du Simplon* est un témoignage d'autant plus important que ce savant a fait dans son beau *Traité de Géologie* une étude très complète de la question géothermique.

« Les documents que vous avez bien voulu m'adresser, m'ont vivement intéressé, écrit M. de Lapparent, et je ne puis que souscrire aux conclusions qu'ils énoncent.

« Vous savez que, en exposant le résultat des recherches géothermiques, j'ai été conduit à penser que tout massif de grande altitude devait renfermer une sorte de « calotte gelée », qui influait sur l'augmentation du degré géothermique, en ce sens que ce dernier ne devenait sérieux qu'à partir du point où la congélation permanente ne se faisait plus sentir. Si cela est vrai, comme, en raison de la mauvaise conductibilité des roches, le massif gelé ne doit pas être rigoureusement proportionnel à l'altitude des montagnes, il en résulterait que l'hypothèse d'une température de  $55$  degrés sous le Mont-Blanc est au moins modérée et pêche par défaut plutôt que par excès.

Enfin, M. Haton de la Goupillière s'exprime dans son *Cours d'exploitation des mines*, qui fait autorité, comme suit, à l'égard du même projet (1) :

« Pour le tunnel du Mont-Blanc, on a mis en avant, sans préparation suffisante, un tracé rectiligne de 18 km, qui admettrait une épaisseur maxima de 3 km, et atteindrait probablement une température de  $50^{\circ}$ , incompatible avec les moyens actuels d'exécution. »

Après le succès récent de M. Lindmark dans le tunnel souterrain de Stockholm, nous ne voudrions plus nier *a priori* la possibilité de venir à bout même d'une température de  $50^{\circ}$  à  $55^{\circ}$  C. par la combinaison et surtout par l'action prolongée des ventilateurs et des appareils frigorifiques les plus puissants dont on dispose aujourd'hui. Mais encore faudrait-il, si la dépense doit rester dans des limites abordables, pouvoir compter aux deux embouchures du tunnel sur une force hydraulique suffisante pour actionner ces grands appareils en même temps que les perforatrices. Or, c'est ce que les promoteurs du Mont-Blanc n'ont point démontré, jusqu'à ce jour, par des jaugeages sérieux.

(1) Rapports d'expertise géologique de 1881.

(1) Loc. cit., tome II, note au bas de la page 346.

Dans l'hypothèse la plus favorable, la lutte contre une température interne de plus de 50° C. se présente comme un obstacle des plus sérieux venant s'ajouter aux mauvais terrains à traverser et aux difficultés hydrologiques signalées par les experts géologues.

#### *Coût total de la ligne du Mont-Blanc*

Un entrepreneur sérieux, en supposant qu'on en trouve dans ces conditions extraordinaires, exigerait certainement par mètre courant un prix bien supérieur à celui de 4 380 fr. auquel le percement du Simplon vient d'être rétrocédé par la *Société de construction* de ce tunnel. En admettant un prix de 4 800 fr pour le tunnel principal sous le Mont-Blanc, ainsi que pour la galerie sous-vallée, nous resterons certainement au-dessous du coût réel.

La dépense pour le tunnel seul s'élèverait ainsi pour le moins à  $19\,000 \times 4\,800 = 91\,200\,000$  fr. En ajoutant le coût des lignes d'accès de Cluse à Chamounix et de Pré-Saint-Didier à Aoste, évaluées (plus haut) la première à 32, la seconde à 29 millions, nous arrivons à un total de 152 millions, auquel il faudrait ajouter quelques millions pour l'adaptation des chemins de fer locaux d'Annemasse-Cluse et Ivree-Aoste à un grand trafic, et plusieurs autres millions pour l'établissement d'une gare internationale. Enfin, avec les frais qu'exige toujours la constitution d'un pareil capital, et le service des intérêts pendant la période de construction, on dépasserait certainement le chiffre de 180 millions. Si l'on ajoutait le coût de la ligne Champagnolle-Morez-Annemasse (avec tunnel sous le col de la Faucille) (1) et celui de la ligne directe Ivree-Santhia, ces deux corollaires obligés de la percée du Mont-Blanc porteraient la dépense totale à plus de 250 millions. Et en admettant qu'on trouve, pour cette doublure du Mont-Cenis, un capital privé de 50 millions, il resterait encore 200 millions de subventions à fonds perdus à fournir par la France et l'Italie. Il nous paraît tout à fait inadmissible que ces deux puissances consentent jamais à un pareil sacrifice pour une voie reconnue incapable de lutter sérieusement contre celle du Gothard, malgré tous les raccourcis proposés.

#### *LE COL DU GÉANT*

Si l'on voulait éviter les grosses difficultés thermiques et hydrologiques inséparables du

projet défendu par M. Chardon, il faudrait adopter un des tracés hauts (aux altitudes de 1 200 m et au-delà), tracés proposés, mais non encore étudiés, ou bien encore dévier la ligne vers le nord de manière à passer en tunnel sous le col du Géant au lieu de percer le Mont-Blanc même. C'est cette déviation que propose aujourd'hui M. le baron de Vautheleret, qui abandonne définitivement le col Ferret ou Saint-Bernard, pour sa nouvelle idée du col du Géant. Il ne s'agit du reste que d'une idée vague et non d'un projet, ni même d'une ébauche de projet, car le journal *le Génie*, de M. de Vautheleret, qui annonce dans chacun de ses numéros le col du Géant comme la solution unique et idéale, s'est bien gardé jusqu'à ce jour de donner le moindre chiffre sur l'altitude à laquelle on percerait le fameux col vainqueur, ni sur la longueur de ce tunnel de faite. Pour que cette longueur devienne acceptable, il faudra encore recourir à un de ces tracés hauts, aux fortes pentes, si chers à M. de Vautheleret. Or, toute déviation et toute surélévation du tracé discuté du Mont-Blanc entraîne fatalement une augmentation de la distance absolue et *a fortiori* de la distance virtuelle, entre Annemasse et Aoste. Et cet allongement s'applique à chacun des itinéraires étudiés plus haut et reconnus tous défavorables au projet du Mont-Blanc (Paris-Milan, Paris-Plaisance, Calais (Boulogne)-Plaisance, etc.)

Ainsi on n'échappera aux principales difficultés techniques de la ligne projetée qu'en lui rendant la lutte de plus en plus impossible contre la voie allemande du Gothard.

Toutes les combinaisons que M. de Vautheleret pourra imaginer entre les deux projets du Saint-Bernard et du Mont-Blanc, également incapables d'atteindre le but proposé, seront d'avance frappées de stérilité. Le Simplon n'a rien à craindre de l'alliance désespérée de ses deux adversaires.

#### *LE GRAND SAINT-BERNARD OU LE COL FERRET (1)*

Ce projet ne nous arrêtera pas longtemps, puisqu'il vient d'être définitivement abandonné par son auteur lui-même. Dès lors nous n'avons aucune raison de nous montrer plus bernardiste que M. de Vautheleret. La facilité avec laquelle cet ardent champion du col Ferret vient de passer de celui-ci au col du Géant, et de la vallée du Rhône à celle de

(1) On fait passer aujourd'hui cette ligne, dont les partisans s'agitent beaucoup, pour une auxiliaire du Mont-Cenis. Mais elle ne le deviendrait qu'à condition de construire d'autres voies coûteuses à travers la Savoie, incapables de lui assurer la victoire sur le Gothard.

(1) Nous ne parlerons point ici de l'ancien projet par le col Menouve. Malgré les études sérieuses dont il a été l'objet de la part de MM. Lefèvre et Dorsaz, l'altitude de son tunnel de faite (plus de 1 800 m), l'a fait rejeter et tomber dans l'oubli depuis longtemps.

L'Arve est faite pour étonner ceux qui se rappellent les excellentes raisons économiques et stratégiques par lesquelles il a combattu pendant tant d'années le tracé du Mont-Blanc auquel il se rallie aujourd'hui. Que devient en particulier cette déclaration solennelle qui terminait une brochure parue en 1886 (1) en faveur du Saint-Bernard :

« Contrairement aux projets rivaux qui n'ont encore pu arriver à un plan définitif, le grand Saint-Bernard a le sien fixé depuis des années par M. le baron de Vautheleret, et immuable, parcequ'il est le seul logique et rationnel. »

Mais ne perdons pas notre temps à mettre M. de Vautheleret en contradiction avec lui-même et avec ses partisans les plus convaincus — car si nous n'attendons aucun progrès sérieux d'un projet par le col du Géant, nous ne regrettons d'aucune manière celui par le col Ferret. Nous avons vu, en effet, que malgré un léger avantage en distance absolue, l'altitude vertigineuse à laquelle s'élève ce tracé lui rend la lutte impossible contre le Gothard et le rend même bien inférieur au Mont-Cenis pour la rapidité et l'économie des communications avec l'Italie. D'après une évaluation plus récente et plus précise que celles qui figurent dans la première partie de cette étude, la distance virtuelle de Paris à Milan est, par la voie du grand Saint-Bernard, de 83 km plus longue que par le Mont-Cenis et de 72 km plus longue que par le Gothard; de Paris à Plaisance, elle est, par le Saint-Bernard, de 62 km plus longue que par le Mont-Cenis et de 55 km plus longue que par le Gothard.

Le même péché originel, soit l'altitude du point culminant, qui tient au choix d'une des montagnes les plus épatées à leur base, rendrait l'exploitation d'une pareille ligne tout particulièrement onéreuse et quelquefois même impossible pendant l'hiver. Il ferait aussi monter le coût d'établissement de cette voie à un chiffre double de celui qui sert aujourd'hui de base à la constitution définitive de l'entreprise du Simplon.

Rappelons d'abord, d'après M. Villevert (1), un des plus chauds partisans de la traversée par le col Ferret, les grandes lignes du tracé :

« Le tracé s'engage, au sortir de Martigny, dans la vallée de Sembrancher en remontant la rive droite de la Dranse, puis, après avoir traversé ce cours d'eau, retourne sur Orsières, atteint Lides et, de là, quitte la route du grand Saint-Bernard, pour se diriger à droite sur les hauteurs du val Ferret, dont

il traverse le col par un tunnel de 9 485 m. Au milieu du tunnel, il quitte le territoire suisse, descend dans la vallée de la Doire. Baltec et parvient, par Courmayeur, Morgex, Arvier et Saint-Pierre, à Aoste, où il va se joindre à la ligne déjà construite d'Aoste à Ivry, au pied des Alpes. »

M. Villevert fait suivre cette description sommaire de la réflexion suivante (1) qui vaut la peine d'être rééditée :

« Placé ainsi, à distance à peu près égale des deux voies déjà existantes qui relient l'Italie au continent, à travers les Alpes, le Mont-Cenis et le Gothard, loin de nuire à l'une ou à l'autre, il ne fait que les compléter. »

M. Villevert paraît avouer par cette phrase que la ligne projetée par le Grand Saint-Bernard ne voulait ou ne pouvait pas engager une lutte sérieuse contre la ligne du Gothard. Or nous avions cru naïvement, jusqu'à ce jour, que cette lutte était sinon le but même, du moins le plus sûr moyen d'atteindre le but imposé par les intérêts français à toute nouvelle percée des Alpes, à savoir la victoire sur la concurrence allemande.

Quoi qu'il en soit, cherchons à nous rendre compte, combien coûterait à la France cette voie anodine qui promet d'avance de ne faire du tort ni au Mont-Cenis ni au Gothard et de se tenir à une distance également respectueuse de ses deux respectables voisines.

Voici les chiffres empruntés au projet même de M. de Vautheleret, soit à son mémoire publié par la Société des Ingénieurs civils (numéro d'avril 1884, page 457) et au profil en long qui accompagne ce mémoire. Nous n'examinerons pas ici si ce profil, ainsi que tout le projet, a été établi d'après des études sérieuses sur le terrain, ou simplement sur les indications d'une bonne carte, comme on l'a reproché à M. de Vautheleret de divers côtés; nous nous en tiendrons aux chiffres indiqués par l'auteur.

La longueur totale de la ligne à construire entre Martigny et Aoste est de 138 km 670 m. Les courbes de 350 à 500 m de rayon s'étendent à 49,94 p. c., soit à la moitié du tracé, l'autre moitié consistant en alignements droits.

Les rampes ne dépassent pas 23 par mille. Celles de 20 p. m. règnent sur 28,950 km et celles de 0,0229, soit de 23 p. m., sur 63,900 km. Malgré ces déclivités, le projet forme de nombreux lacets pareils à ceux d'une route de montagne difficile.

Ainsi entre Entrèves et Courmayeur, localité au-dessus de laquelle le tracé passe à une grande hauteur, celui-ci fait un double

(1) *La nouvelle percée des Alpes*, par Villevert, ingénieur civil. Paris, librairie Baudry, 1886.

(1) *La nouvelle percée des Alpes*, par Villevert, p. 20.

retour sur lui-même en franchissant deux fois le mont de la Saxe par de longs tunnels. M. Meyer, qui a parcouru le terrain pas à pas, estime (1) que cette développante ne présentera pas moins de difficultés que celle de Wasen au Gothard, célèbre par sa série de tunnels hélicoïdaux. Une autre développante tout aussi difficile suit de près la première, entre Morgex et la Salle, pour franchir les défilés de Pierre-Taillée.

Outre le tunnel principal de 9 485 m le projet comporte 56 tunnels auxiliaires, d'une longueur totale de 27,115 km. Enfin, il est prévu 15 km de galeries de protection contre les avalanches, très fréquentes dans ces hautes vallées. En raison des fortes dimensions à donner à ces galeries, pour résister au choc des avalanches et des quartiers de roc qu'elles entraînent avec elles, on ne peut évaluer leur coût à un prix inférieur à celui des tunnels.

A côté de cela, la ligne compte 407 ouvrages d'art principaux, dont les plus importants sont 7 viaducs de 75 à 200 m de longueur sur 22 à 29 m de hauteur.

Le devis estimatif de ce projet est évalué par M. de Vautheleret à 86 millions, soit 620 177 fr par kilomètre, y compris le tunnel de faite qui est compté à 2 125 fr le mètre.

Cette estimation est absolument inadmissible. Après l'expérience des lignes d'accès du Gothard, M. Meyer reste plutôt au-dessous de la vérité en évaluant au Saint-Bernard le kilomètre à ciel ouvert à 950 000 fr, et le mètre de tunnel auxiliaire ou de galerie couverte à 1 500 fr.

Enfin, le chiffre de 3 500 fr auquel M. Meyer s'arrête pour le mètre du tunnel de faite, nous paraît même trop faible, comparé au tunnel de l'Arlberg dont la longueur ne compte que 1 200 m de plus et dont la dépense réelle par mètre a atteint tout près de 4 000 fr. Et cependant là les deux têtes étaient accessibles par une route de première classe et les chantiers étaient abondamment fournis de force motrice pour la perforation et la ventilation. Au col Ferret, au contraire, les deux têtes du tunnel se trouveraient dans des contrées absolument inhabitées pendant la plus grande partie de l'année, et depuis Orières au nord, sur 12 km, et Entrèves au sud, sur 10 km, il n'existe pas de route praticable pour les nombreux et lourds transports des matériaux indispensables à de pareils travaux. Les forces motrices feraient presque complète-

ment défaut : même en juillet, la Dranse donne peu d'eau, et en hiver, la minime quantité dont on disposerait serait presque toujours gelée à cette altitude de plus de 1 600 m.

Quant au terrain à traverser par ce tunnel de faite, il est défini dans les termes suivants par M. de Vautheleret (1) :

« Grès feuilletés et ardoises tendres, en tremelés de quartz en couches tantôt épaisses, tantôt minces, ici entier, là carié, « sous mille formes différentes. »

En somme, un terrain très peu consistant, ébouleux, avec de fréquents passages d'une dureté extrême. On sait à quel point la rencontre de quelques veines de quartz a entravé l'avancement au Mont-Cenis en rendant impossible l'emploi de perforateurs mécaniques. Lors même que les grès feuilletés et les ardoises tendres domineraient, ce ne sont pas là des conditions géologiques enviables pour un tunnel de plus de 9 km, qu'il est déjà assez dur d'avoir à percer à 1 620 m d'altitude. (Au Simplon, à 1 680 m un tunnel de 4 653 m suffirait, d'après l'ancien projet Lehaitre et de Mondésir).

Tout bien pesé, nous n'exagérerons rien en estimant le mètre du tunnel de faite au col Ferret à 3 750 fr. On aura ainsi pour établir le coût total :

Tunnel de faite....	9 485 m à 3 750 fr =	35 568 750 fr
Tunnels auxiliaires et galeries de protection.....	42 115 m à 1 500 fr =	63 172 500 fr
A ciel ouvert ...	87 060 m à 950 fr =	82 707 000 fr
Total.....		181 448 250 fr

Avec les frais de constitution du capital et les intérêts à servir aux actionnaires, pendant la période de construction, on atteindra le chiffre de 200 millions si on ne le dépasse pas. Sur cette somme, il y aurait au moins 140 millions de subventions à fonds perdus à fournir par la France et l'Italie, dont 70 à la charge de la première, et tout cela pour une voie qui, selon l'expression de M. Villevert, « sera loin de nuire au Gothard » et que l'altitude du passage empêchera effectivement de devenir gênante pour cette ligne rivale.

Dans l'estimation qui figure ci-dessus, nous avons omis la ligne directe Ivry-Santhia dont le Saint-Bernard ne saurait cependant se passer. Mais nous admettons

(1) M. J. Meyer, ingénieur en chef, *Le projet du Grand Saint-Bernard*. Revue polytechnique Suisse du 30 août 1884.

(1) Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils, avril 1884, page 445.



que cette ligne (de même que celle d'Ornavasso à Arona, complément utile, sinon indispensable, du Simplon) serait construite aux frais de l'Etat italien et des villes des provinces les plus intéressées.

La ligne par le col Ferret se trouverait enfin dans des conditions d'exploitation non seulement onéreuses, mais impossibles même pendant les hivers rigoureux. Des hommes très compétents ont formulé des critiques très vives à ce sujet; en particulier, M. Remorino, secrétaire de la chambre de commerce de Gênes, parle du Saint-Bernard dans les termes suivants (1) :

« C'est faire reculer le siècle que de vouloir franchir les Alpes à une altitude de 1 585 m, (2) quand on peut arriver au point visé, c'est à-dire à Martigny, avec une ligne de plaine, de 877 m plus bas que l'autre. Ce serait comme de vouloir revenir à l'usage de ces véhicules que — « lucus a non lucando » — on appelait les diligences. Avec une route comme celle du Saint-Bernard, les inconvénients remarqués au Gothard s'accroîtraient de façon démesurée. Sur elle tout trafic est économiquement impossible, si l'exploitation doit en payer les dépenses. Qu'on fasse le compte du travail dynamique

(del lavoro dinamico), même par la méthode de l'ingénieur Ruva, qui est la plus favorable aux fortes déclivités, et l'on verra que, même pour Turin, le passage du Simplon est plus économique que celui du Saint-Bernard....

« La ligne du Saint-Bernard ne pourra donc jamais faire concurrence ni à celle du Gothard, ni à celle du Fréjus, parce que l'une et l'autre sont dans des conditions d'exploitation beaucoup meilleures que celle qu'on voudrait leur donner pour rivale. Si même il n'y avait pas un autre passage pour entrer en Suisse, le cas de raisons politiques excepté, on ne pourrait mettre en avant le Saint-Bernard. Mais cet autre passage existe, c'est celui du Simplon, mille fois préférable au premier. »

M. le baron de Vautheleret a donc été très heureusement inspiré en renonçant à un projet aussi coûteux que peu approprié à la satisfaction des intérêts français et italiens. D'autre part, le nouveau projet par le col du Géant nous paraît, par les raisons indiquées plus haut, et malgré le mystère qui le protège, condamné à une existence plus éphémère encore que son prédécesseur, lors même que le percement du Simplon viendrait à subir un nouveau retard imprévu.

## LE SIMPLON

L'idée de traverser la chaîne des Alpes centrales par le col exceptionnellement favorable du Simplon ne date pas d'hier. Napoléon 1<sup>er</sup>, que les raisons stratégiques du moment avaient déterminé à passer avec une armée le Saint-Bernard, choisit en revanche le Simplon pour y établir la voie commerciale par excellence entre la France et l'Italie, cette voie admirable « dont les extrémités sont l'arc de triomphe du Carrousel à Paris et l'arc de triomphe de la Paix à Milan » (3).

L'idée de relier les deux mêmes centres commerciaux au moyen d'une ligne ferrée empruntant le même passage est encore une idée française et aussi ancienne que la construction des premiers chemins de fer en Suisse. Dès 1852, la compagnie qui obtint la concession des chemins de fer partant du lac Léman pour remonter le Rhône, prenait le nom de « Ligne d'Italie » et mettait sur ses prospectus : « Londres, Simplon, Suez et l'Orient ».

(1) M. G. Remorino, *la questione ferroviaria savonese*, Gênes 1883.

(2) M. Remorino reste encore (de 36 m) en-dessous de l'altitude du point culminant du dernier projet de M. de Vautheleret.

(3) Discours récent de M. Mussy, conseiller communal de Milan.

Il serait trop long de faire ici l'historique de tous les nombreux projets de traversée du Simplon qui se succédèrent rapidement durant la période de 1858-1868 et dont plusieurs rappellent des noms justement célèbres dans les annales du génie civil français : Garcella, Flachet, Thévenot, Lehaitre, de Mondésir, Vauthier, etc. Les ingénieurs suisses, d'autre part, n'ont pas voulu rester en arrière de leurs collègues français : les projets de MM. Venetz, Clo, de Stockalper, Jacquemin, Pellis, font honneur à leurs auteurs. Enfin ceux de M. Lommel et de M. Meyer, appuyés sur des études très complètes faites sur le terrain même, nous occuperont plus particulièrement.

De 1868 à 1875, on constate un temps d'arrêt dans le défilé des projets, arrêté dû aux embarras financiers de la compagnie de la ligne d'Italie. Voici, en quelques mots, l'histoire de l'activité de cette compagnie française sur laquelle on avait fondé tant d'espérances et qui devait, malgré le concours d'ingénieurs distingués, si tristement finir. Nous empruntons ce résumé à un document récent, soit à « l'exposé des motifs », donné en février 1887, par le conseil d'Etat vaudois en faveur d'une participation financière du canton au percement du Simplon.



« Dès 1854, dit cet exposé, la Compagnie dirigée par M. le comte Adrien de La Valette, réunissait en ses mains les concessions obtenues en Suisse et dans les Etats sardes, pour la création d'une ligne de chemin de fer comprise entre le fort de l'Ecluse et Arona, par la Savoie, le Valais, le Simplon et la rive occidentale du lac Majeur.

« Il est résulté de son activité une ligne mise en exploitation du Bouveret à Sion, des travaux ébauchés en Savoie, ainsi qu'entre Domo d'Ossola et le lac Majeur, des études diverses pour la traversée de la montagne, l'épuisement de son capital et la vente aux enchères de son avoir en 1867. Sur les ruines de cette Compagnie, il s'en est fondé en 1868 une nouvelle, toujours sous la présidence de M. de La Valette, et ce fut cette Compagnie qui étendit en 1868 l'exploitation de la ligne de Sion à Sierre; mais son capital ayant été bientôt épuisé, elle se trouva arrêtée dans la poursuite de son entreprise et son avoir fut de nouveau mis aux enchères par autorité de justice en 1874, et acheté par un consortium transformé, en 1875, en une « *Compagnie des Chemins de fer du Simplon* ».

L'attitude du gouvernement fédéral suisse dans cette question, a été blâmée et dénaturée par une partie, minime d'ailleurs, de la presse française, égarée par une connaissance imparfaite des circonstances et de la législation suisse en matière de chemins de fer. Le conseil fédéral a, au contraire, attendu assez longtemps avant d'en arriver à cette décision extrême, qu'il eût préféré éviter. Mais il fut forcé finalement de la prendre, au nom des intérêts du pays restés en souffrance, et de ceux de l'entreprise internationale du Simplon qui n'avait plus rien à attendre d'une compagnie aux abois.

D'ailleurs l'héritage de la ligne d'Italie n'était pas fait pour tenter les financiers qui, à l'exception du consortium vaudois, ne se présentèrent point aux enchères. Les obligations qu'imposait cette succession, dépassaient de beaucoup les avantages immédiats qu'on pouvait attendre des lignes construites et peu productives pendant leur isolement. Pour assumer la lourde tâche du parachèvement du réseau d'accès et de la réalisation de la traversée même des Alpes, il fallait à ce moment beaucoup de courage, et la conviction qu'il s'agissait de l'établissement d'une voie nécessaire, non seulement à la Suisse, mais aussi et surtout à ses deux grandes voisines. En apportant l'appui de leurs noms honorablement connus dans le monde de la finance et du génie civil, et en montrant la ferme volonté d'entreprendre sans retard l'étude sérieuse de la percée

du Simplon, ces hommes ont sauvé l'œuvre internationale menacée d'un naufrage complet et empêché qu'elle ne tombe dans les mains de spéculateurs peu consciencieux.

Nous plaignons sincèrement les actionnaires français qui ont subi, par le fait de la ruine de l'ancienne compagnie, des pertes considérables. Mais il est injuste de faire peser la responsabilité de ces pertes sur les héritiers légitimes d'une situation difficile et sur des hommes dont la parfaite honorabilité est bien connue. Nous ne saurions davantage accepter les reproches adressés à cette occasion aux autorités fédérales et valaisannes, qui ont agi dans les limites de leur compétence et rempli en même temps leur devoir envers une œuvre d'intérêt international dont le sort leur était confié. Si, à ce moment, le gouvernement français avait pu se décider à intervenir énergiquement en faveur de cette œuvre menacée, ainsi qu'une pétition signée par une centaine de députés de toutes les nuances politiques le lui avait demandé peu de temps auparavant, l'occasion était excellente pour obtenir un arrangement favorable aux actionnaires atteints par le désastre de la ligne d'Italie, et pour prendre en même temps la haute direction d'une entreprise qui touche à tant d'intérêts français. Pour des raisons que nous n'avons point à rechercher, le gouvernement de la République n'a pas jugé à propos d'intervenir ou de faire connaître ses intentions au sujet du percement du Simplon. Dès lors on doit savoir gré à un petit groupe d'hommes d'initiative et à un petit pays, d'avoir pris en mains une cause de cette importance et de l'avoir servie fidèlement et courageusement.

Nous n'avons point à remonter, d'autre part, aux causes des embarras financiers qui ont empêché la première compagnie de tenir ses promesses. Nous tenons seulement à rappeler qu'aucun reproche ne saurait être adressé à ce sujet aux ingénieurs qu'elle avait appelés à diriger les travaux. Et ces derniers ne s'étaient point contentés de leur tâche immédiate; ils ont au contraire beaucoup contribué à éclairer la question du passage même du Simplon par leurs études personnelles. Le premier ingénieur en chef de la ligne d'Italie, M. Garella, s'était occupé très sérieusement de cette question dès 1858. C'est à son successeur, M. L. Vauthier, qu'est dû le premier projet de *tunnel de base*. Et ce projet date de 1860, d'une époque à laquelle tous les autres tracés proposés s'élevaient à de grandes hauteurs et cherchaient, au moyen de fortes rampes et de toute sorte de systèmes ingénieux, à éviter, ou du moins à abrégier autant que possible, le parcours souterrain. A ce moment

où le succès du percement du Mont-Cenis était encore l'objet de discussions passionnées, il fallait un coup d'œil d'une sûreté remarquable pour s'arrêter à cette solution. C'est à elle cependant qu'appartenait l'avenir et qu'il appartient encore, malgré tous les efforts que pourraient lui opposer ses adversaires bernardistes ou autres. Nous avons vu en effet que c'est la seule solution qui puisse assurer au commerce d'exportation franco-italien et aux chemins de fer français une victoire décisive sur la concurrence allemande par la voie du Gothard. L'examen des tracés proposés par le Mont-Blanc, le Saint-Bernard et le col du Géant, nous a montré d'autre part l'impossibilité technique d'un véritable tunnel de base ailleurs qu'au Simplon.

« En effet de toute la longue chaîne des Alpes, dit M. Colladon, depuis la mer jusqu'au Saint-Gothard, et on peut dire jusqu'au fond du Tyrol, le Simplon est sans conteste le passage alpin le plus bas » (1).

Le tunnel de base projeté par M. Vauthier avait une longueur de 18 220 m ; sa tête septentrionale était placée à l'altitude de 743 m la tête méridionale à la cote de 625 m et à une distance de 600 m environ du village d'Iselle.

M. de Stockalper, ingénieur suisse (appelé plus tard à diriger les travaux du chantier nord du tunnel du Gothard), proposa quelques années plus tard un tunnel de 16 150 m dont les têtes étaient aux cotes de 771 et 790 m.

Pour leur ligne d'accès nord, les deux tracés Vauthier et Stockalper gravissaient les coteaux du versant méridional du Rhône en s'élevant depuis Viège déjà, avec des pentes normales et modérées, et d'une façon suffisante pour pouvoir entrer à une certaine profondeur dans la gorge de la Saltine et profiter ainsi du raccourcissement que cette échancreure naturelle permet d'obtenir pour le grand souterrain. (2)

M. Tony Fontenay étudiait vers la même époque l'application au Simplon de son ingénieux procédé d'attaquer les souterrains au moyen de galeries inclinées. Il fut suivi dans cette voie par M. de Stockalper, et par M. Jacquemin qui le premier eut l'idée d'adopter un tracé coudé, dans le but de faciliter l'attaque par puits inclinés.

Tous les autres projets présentés avant 1875 (sauf erreur) se rapportaient aux tracés hauts ou intermédiaires.

(1) *Notes sur les inconvénients et les difficultés du tunnel étudié sous le Mont-Blanc*, par M. D. Colladon, ouvrage cité déjà plus haut.

(2) *Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils*, de 1878, page 591.

#### ÉTUDES ET PROJET DE LA COMPAGNIE DU SIMPLON

En 1876, M. Louis Favre, l'héroïque et infortuné entrepreneur du percement du Gothard, reprit avec M. Clo, ingénieur valaisan, l'idée du tunnel de base au Simplon, faisant même passer la ligne d'accès nord dans la partie basse de la plaine du Rhône et supprimant ainsi la rampe du côté suisse.

Dès 1872, à la suite du succès final du Mont-Cenis, la grande majorité des ingénieurs avait fini par se rallier à l'idée d'un tunnel de base. Cette idée inspira le projet présenté en 1878 par M. Lommel, directeur de la nouvelle compagnie du Simplon dont nous avons raconté la constitution dans le canton de Vaud (en 1875).

M. Lommel était appuyé dans le Conseil d'administration par M. Daniel Colladon, l'éminent ingénieur et professeur genevois, que la nouvelle compagnie avait tenu à attacher à son œuvre à titre d'ingénieur-conseil, et dont le nom restera ainsi attaché à l'histoire du percement des quatre plus grands tunnels du monde (1).

« Le véritable progrès à rechercher aujourd'hui, dit M. Colladon dans l'ouvrage cité, pour une ligne de circulation rapide et économique à travers les Alpes, c'est de choisir et d'adopter le passage le plus bas et les lignes d'accès les plus faciles. C'est la condition *sine qua non* de l'utilité présente et future d'une ligne internationale à circulation rapide et d'un emploi prudent et rationnel des capitaux considérables que toute entreprise de ce genre exige inévitablement. »

Le plus célèbre des auteurs de projets à fortes rampes pour la traversée du Simplon, M. Piarron de Mondésir, se rallie à la même opinion, dans une lettre adressée à M. l'Ingénieur en chef Meyer : « Aujourd'hui, dit M. de Mondésir, après le succès des percements du Mont-Cenis et du Gothard, il n'y a plus d'hésitation possible : il faut traverser de plaine à plaine ».

On voudra bien nous excuser d'insister si longtemps sur ce même point. Mais, c'est là, à notre avis, et de l'avis d'hommes bien autrement compétents, que nous avons tenu à citer, le véritable nœud de la question ac-

(1) Tout le monde sait aujourd'hui que l'on doit à ce savant, l'idée fondée sur ses belles expériences, d'appliquer l'air comprimé à la perforation mécanique des longs tunnels, idée qui constitue en principe le succès du Mont-Cenis et du Gothard. Aussi l'association du chemin de fer sous-marin de la Manche a-t-elle nommé M. Colladon membre du sous-comité permanent, dès le début de son activité.

*tuelle de la traversée des Alpes, au point de vue technique aussi bien qu'au point de vue économique, et tout particulièrement à celui des intérêts français. Choisir désormais un tracé haut serait un anachronisme impardonnable, ce serait méconnaître l'avantage capital qu'offre le passage du Simplon.*

Aussi, M. Lommel ne pouvait-il hésiter sur ce point. Son tunnel a le point culminant de 30 m plus bas que celui du projet Vauthier, de 60 m plus bas que celui du projet Stockalper. La tête nord est à la cote de 711 m, soit plus bas de 30 m que celle du tunnel Vauthier. En revanche, la tête sud est placée à 687 m, soit 62 m plus haut que celle du projet Vauthier. M. Lommel a cru devoir éviter la pente de 14 pour mille donnée par son prédécesseur à la partie sud du tunnel, afin de diminuer la consommation de combustible et partant la production de gaz et de fumée dans le grand souterrain. On nous permettra de faire observer qu'avec un bon ventilateur, on aurait eu facilement raison des gaz nuisibles (ainsi que nous l'avons établi dans un travail spécial (1) consacré à cette question), et qu'il y a, d'autre part, tout intérêt à placer la tête sud aussi bas que possible, car c'est autant de gagné sur la rampe d'accès méridionale.

La ligne d'accès nord est au contraire meilleure dans le projet Lommel et offre un emplacement plus favorable à la construction d'une grande gare internationale près de Brigue. Le tracé reste sur 3 à 4 km, depuis Viège, dans la plaine du Rhône et sur la digue du fleuve, il gravit depuis là, avec une rampe modérée qui ne dépasse pas 11 pour mille, les versants qui s'étendent au midi de Gliss et de Brigue. Le débouché nord du tunnel est dans ce projet (efflué déjà dans un ouvrage de M. Lommel publié en 1864) sur la rive droite de la Saltine, à environ 300 m du pont Napoléon. Son débouché méridional est situé à 1100 m environ en amont d'Iselle.

La longueur du tunnel projeté était, d'après la triangulation très exacte exécutée sous les ordres de M. Lommel, de 18507 m, ne dépassant que de 65 m celle du tunnel Vauthier (corrigée d'après les résultats de la même triangulation). Le souterrain proposé par MM. Favre et Clo aurait eu 20 km, chiffre qui paraissait encore excessif en 1878, et la différence d'altitude de 30 m ne semblait guère justifier son allongement de 1,5 km. De plus, le débouché sud du tunnel Favre se

trouvait dans des conditions peu favorables. Enfin, la déclivité limite de 14 p. m. que s'était imposée M. Favre pour la ligne d'accès sud, exigeait un allongement artificiel de près de 11 km et un surcroît de dépense de 8 à 9 millions. Aussi M. Lommel a-t-il préféré s'arrêter à un tracé avec rampe uniforme de 23,7 p. m. sur une longueur de 17 km. Il estimait le coût total de cette ligne Iselle-Domo à 16,5 millions de francs.

Ce qui distingue surtout le projet Lommel et ceux de M. Meyer (que nous examinerons bientôt) de tous ceux qui les ont précédés, ce sont les études complètes sur lesquelles ces nouveaux projets reposent. Ces études détaillées sur le terrain, qui n'avaient pu être faites pour les anciens projets, vu l'incertitude de la situation à cette époque, s'imposaient au contraire à la nouvelle compagnie. On était alors sous l'impression du déficit formidable de 102 millions (1) auquel M. Gerwig, le premier ingénieur en chef du Gothard, avait conduit cette Compagnie en basant son devis sur un avant-projet à petite échelle (de 1/100 000). « Après cette erreur désastreuse, il devenait impossible, comme le disait très bien M. Lommel (2), de se présenter devant les Etats intéressés au percement du Simplon sans être muni de projets sérieux et complets. Le conseil d'administration de la Compagnie du Simplon avait compris la nécessité de faire établir ces études sur une base irrécusable, permettant de se livrer à une appréciation complète et exacte des masses et des coûts d'établissement ». Ces études demandèrent deux années, un personnel de 15 à 20 opérateurs et de 40 aides, et une dépense totale de 150 000 fr (3). Elles comprenaient :

- 1.) Une grande triangulation de précision, rattachant le réseau trigonométrique suisse au réseau italien;
- 2.) Le piquetage d'une ligne d'opération polygonale;
- 3.) Le nivellement très exact de cette ligne et d'un autre polygone qui devait suivre la grande route du Simplon et servir de vérification au premier polygone;
- 4.) De nombreux profils en travers sur la ligne d'opération, et des profils spéciaux suivant les cours d'eau transversaux aux tracés;
- 5.) Des levés à la planchette de plans parcellaires, au 1/1000, du tracé et de ses abords.

(1) Ce déficit, qui portait en entier sur les lignes d'accès, représente une erreur de 100 pour 100 sur cette partie du devis.

(2) *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils* de 1878. Communications de MM. Huber et Lommel, page 574 et suivantes.

(1) *La ventilation des grands tunnels*, par Ch. de Sinner, étude publiée dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des ingénieurs et architectes*, 1883.

6.) Des levers spéciaux relatifs aux installations pour la perforation mécanique et le jaugeage des cours d'eau devant fournir la force motrice;

7.) L'étude géologique du tunnel et de ses abords.

On trouvera dans le mémoire, présenté par M. Lommel (en 1878) à la Société des ingénieurs civils, la description détaillée de ces opérations. Il suffira de rappeler ici les paroles prononcées par le président de cette société, M. Tresca, à la séance du 3 mai 1878 : « L'étude du projet qui vient d'être présenté (par M. Lommel), est un modèle à recommander aux jeunes ingénieurs qui auront à s'occuper de semblables travaux. »

Ces mêmes études ont obtenu, à l'exposition de Paris, des récompenses de premier ordre, et l'approbation de la Société de géographie de France dans sa séance du 14 mai 1880.

L'exploration géologique du tunnel et de ses abords avait été confiée à trois savants distingués, MM. les professeurs Lory, de Grenoble, Renevier, de Lausanne, et Heim, de Zurich. (1)

On doit d'ailleurs à Bernard Studer, qui mérite par ses travaux classiques le nom de fondateur de la géologie suisse, les premières notions un peu circonstanciées sur la géologie de cette partie des Alpes. En 1846, il publia, dans les *Mémoires de la Société géologique de France* (2) un important travail intitulé : « Mémoire géologique sur la masse des montagnes entre la route du Simplon et celle du Saint-Gothard » avec une petite carte à l'échelle de 1/400 000. En 1851, le même savant donna dans le premier volume de sa *Géologie de la Suisse* (page 223), une coupe transversale peu distante des tracés du tunnel en question.

En 1859, M. Gerlach, ingénieur des mines allemand et géologue distingué, étudiait les Alpes-Pennines pour la carte géologique suisse et fut en même temps chargé par la compagnie de la Ligne d'Italie d'une étude spéciale sur le massif du Simplon. On doit à ce jeune explorateur, enlevé à la science par un triste accident, de précieux renseignements. Mais aucun des profils publiés par lui ne correspond à la direction du tunnel projeté.

L'expertise de MM. Lory, Renevier et Heim, en 1877, avait pour objet spécial le tracé adopté par M. Lommel, et une variante

de ce tracé qui avait sa tête nord, comme le projet Favre, au niveau de la plaine du Rhône. Le rapport de cette expertise a été publié *in extenso* dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* de 1877. En voici un résumé :

« 1) La première roche rencontrée à partir de la tête sud du tunnel près d'Iselle est le *gneiss d'Antigorio*. Ce nom a été donné par le géologue Gerlach à un gneiss granitoïde plus ou moins massif qui occupe le fond et les flancs des vallées au sud et au nord-est du Simplon. C'est une roche très compacte et résistante, mais quelque peu fissurée. Certains bancs sont schistoïdes, tandis que la plupart présentent un aspect plus massif.

« 2) Au-dessus du gneiss d'Antigorio et formant tout le massif central du Monte-Leone et du Simplon jusqu'à la vallée de la Ganther, se trouve une masse considérable de roches cristallines très variées de composition minéralogique, désignées dans leur ensemble sous le nom de *schistes cristallins* et qui sont plus tendres que le gneiss d'Antigorio.

« 3.) Les schistes cristallins sont séparés de la roche suivante par une *étroite bande dolomitique* qui contient sur plusieurs points du *gypse*.

« 4.) Le chaînon septentrional qui sépare la vallée de la Ganther de celle du Rhône est composé de schistes désignés généralement sous les noms de schistes gris ou *schistes lustrés*. Ils sont très feuilletés et peu consistants, sauf dans les parties où ils sont traversés par des veines nombreuses de calcite ou de quartz.

« 5.) Vis-à-vis de l'embouchure de la Massa dans le Rhône, on voit apparaître au-dessous des schistes gris un complexe de *gypses* et de *dolomies*. En dehors de cette bande, il faut encore signaler deux gisements de gypse : l'un sur la Saltine inférieure, et l'autre sur le cours inférieur de la Massa. »

A propos du Mont-Blanc, où il y a, de l'avis unanime des experts, beaucoup plus de gypses à traverser, nous avons parlé des graves inconvénients que présente la rencontre de ce genre de roches par un souterrain, et de l'intérêt qu'il y a par conséquent à les éviter dans le choix du tracé, même au prix d'un petit allongement du tunnel.

Aussi les experts, tout en reconnaissant que dans leur ensemble les roches à traverser par le tunnel Lommel (1) étaient au nombre

(1) Dans notre article sur le Mont-Blanc, nous avons déjà présenté ces trois géologues à nos lecteurs et parlé de leur exploration du massif du Mont-Blanc.

(2) 2<sup>e</sup> série, volume 1<sup>er</sup>, page 305.

(1) Le tunnel Lommel serait percé sur plus de la moitié de sa longueur dans les schistes cristallins, et pour un tiers environ dans le gneiss d'Antigorio.



de celles dans lesquelles le travail est relativement facile, insistaient-ils sur la supériorité de la variante qui avait sa tête nord dans la basse plaine du Rhône. Ce tracé bas (dans sa partie nord) évite en effet le filon de gypse mentionné près de cette tête et se trouve plus éloigné de la Saltine, qui pourrait occasionner quelques infiltrations. Ces dernières étant d'ailleurs, d'après M. le professeur Heim, au cas le plus défavorable, beaucoup moins importantes que celles de l'extrémité sud du tunnel du Gothard, M. Lommel a maintenu son premier projet, avec tunnel plus court de 0,5 km que la variante en question.

Le projet Lommel définitif comporte donc un souterrain de 18507 m débouchant aux altitudes de 711 m (nord) et 687 m (sud), une ligne d'accès nord intermédiaire entre celles des projets Vauthier et Favre, et au sud une rampe d'accès uniforme de 23,7 pour mille sur 17 km entre Domo et Iselle.

C'est ce projet qui servit de base aux discussions mémorables soutenues devant la Société des Ingénieurs civils et contre les partisans du Mont-Blanc, par MM. Lommel, W. Huber et Mallet, en 1878 et 1880. La seconde de ces discussions fut occasionnée par l'envoi à la Société de la belle étude comparative des projets du Simplon et du Mont-Blanc par M. le professeur Daniel Colladon (étude souvent citée par nous). Nous renvoyons aux *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils* pour le détail de ces discussions qui se terminèrent à l'honneur du Simplon et de ses éminents défenseurs.

C'est encore sous la forme du projet Lommel que le Simplon était en cause devant la commission parlementaire française de 1881, et plus particulièrement devant sa sous-commission technique saisie de la proposition de loi de M. Léon Renault en faveur du Simplon, et de la contre-proposition de M. Dupont en faveur du Mont-Blanc.

#### NOUVELLES ÉTUDES ET PROJET DE LA COMPAGNIE DE LA SUISSE OCCIDENTALE EN 1881 ET EN 1882

Nous avons déjà cité dans la première partie de cette étude le rapport de la sous-commission spéciale de la Chambre des députés, composée de trois ingénieurs, MM. Lesguillier, Reymond et Brossard. Ce rapport fut déposé par M. Lesguillier, député de l'Aisne, après l'examen sur place des abords des tunnels projetés au Mont-Blanc et au Simplon, par les trois ingénieurs commissaires.

Tout en cherchant à ménager autant que possible les susceptibilités des partisans du Mont-Blanc, le rapport de M. Lesguillier faisait ressortir les avantages de la voie par le Simplon pour la rapidité des communications et la facilité d'exploitation, due à la faible altitude du point culminant. Il reconnaissait que le coût d'établissement de cette ligne serait moindre que pour la ligne projetée par le Mont-Blanc. Il faisait remarquer d'autre part l'absence d'avant-projet sérieux pour ce dernier passage, et le rapport de la commission parlementaire concluait à la nécessité d'études nouvelles, principalement en ce qui concerne le Mont-Blanc. Les promoteurs de cette traversée du géant des Alpes n'ayant pas été en mesure de produire ces nouvelles études, la Chambre dut se séparer en 1881 sans proposer une solution définitive, et les deux législatures qui lui ont succédé ne furent jamais saisies d'une proposition faisant connaître le résultat de nouvelles études sur le Mont-Blanc.

Tout en reconnaissant la supériorité du passage du Simplon, la commission de 1881 avait formulé cependant dans son

rapport trois critiques contre le projet Lommel :

La première se rapporte au passage du Jura où se trouvait, par extraordinaire, le point culminant de la ligne Paris-Milan par le Simplon, à l'altitude de 1014 m, et le régime des pentes les plus fortes, soit 20 à 25 par mille du côté français, avec courbes de 300 m de rayon.

La seconde critique portait sur la rampe d'accès au sud du grand tunnel, rampe uniforme de 23,7 p. m. d'après le projet de M. Lommel. Les promoteurs du Mont-Blanc se faisant forts dans leurs écrits de ne point dépasser, dans tout leur tracé, la déclivité maximale de 12,5 p. m., la commission parlementaire avait vu là une cause d'infériorité du projet par le Simplon. Mais nous avons montré, en nous appuyant sur les études connues de MM. Colladon et Vauthier, que cette prétention est insoutenable pour la traversée du Mont-Blanc. Le profil publié par M. Colladon dans sa note célèbre sur les *inconvenients du tunnel étudié sous le Mont-Blanc* montre qu'une ligne droite théorique tracée entre la station de Bonneville (445 m) et la tête nord du tunnel à Chamounix (1049 m) aurait une pente continue de 12 pour mille, sans palier intermédiaire, et que cette ligne se trouverait suspendue à des hauteurs de 200 et 260 m au-dessus du thalweg. La ligne théorique correspondante du Simplon aurait une pente de 4,06 pour mille au nord du tunnel (et de 4,86 pour mille du côté sud, plus difficile).



Enfin, la *troisième critique* de la commission française était plutôt une crainte exprimée vaguement au sujet des *difficultés thermiques* que pourrait rencontrer le tunnel du Simplon. Mais cette crainte devait s'adresser à bien plus forte raison au souterrain du Mont-Blanc, où l'épaisseur de la calotte atteindrait 3000 m, soit mille mètres de plus qu'au Simplon.

Pendant que le sort des passages des Alpes était discuté à Paris, la compagnie du Simplon se fusionnait à Lausanne avec celle du chemin de fer de la Suisse Occidentale (1), formant ainsi un réseau qui s'étend de Pontarlier à Berne, à Genève et au bout de la vallée du Rhône.

Aussitôt constituée et réorganisée, la compagnie fusionnée et son comité spécial du Simplon crurent de leur devoir d'examiner très sérieusement les griefs de la commission parlementaire française. A cette époque on était encore en droit de croire au désir sincère de la France de prêter son concours officiel à la grande œuvre internationale à laquelle elle paraissait la première intéressée. Aussi, la compagnie qui avait recueilli l'héritage d'honneur du Simplon, était-elle décidée à tenir compte, dans la mesure du possible, de toutes les préférences exprimées par les représentants autorisés des intérêts français en jeu.

Les critiques de la commission laissaient du reste subsister la partie essentielle, fondamentale du projet du Simplon. Elles n'infirmaient en rien les belles études sur lesquelles il reposait, et qu'il s'agissait simplement de compléter et de reprendre à un nouveau point de vue. Le programme quelque peu idéal qui inspirait la commission parlementaire peut s'exprimer en deux mots : *établir de Dijon à Plaisance une ligne de plaine parfaite, prolongement naturel de la grande ligne Paris-Dijon.*

Un ingénieur qui jouit d'une haute estime en Suisse (et qui a été nommé récemment membre du conseil de perfectionnement de l'Ecole polytechnique de Zurich), M. J. Meyer, fut chargé par la Compagnie S. O. S. de réaliser ce programme des Chambres françaises, ou du moins de démontrer par de nouvelles études que ce programme était parfaitement réalisable par le passage du Simplon, du moment que la France y tenait et voulait y mettre le prix. Ce prix paraissait d'ailleurs pleinement justifié par les avan-

tages que le commerce, les ports et les chemins de fer français seraient appelés à en retirer.

C'est donc à ce point de vue que doivent être jugées les nouvelles études de 1881 et 1882 dont nous allons exposer les principaux résultats.

#### L'AMÉLIORATION DU PASSAGE DU JURA

Commençons par cette question indépendante de la traversée du Simplon proprement dite. La Compagnie S. O. S. avait depuis longtemps reconnu l'utilité de cette correction qui semblait intéresser d'ailleurs plus particulièrement la grande Compagnie du Paris-Lyon. La partie la plus défectueuse de la ligne de Dôle à Lausanne est, en effet, celle de Pontarlier à Vallorbes où l'on rencontre, sur territoire français, des rampes de 0,025 m et des courbes de 300 m et où l'on s'élève à une altitude supérieure de 300 m à celle du point culminant du tunnel du Simplon. Enfin, le rebroussement de Vallorbes constitue un autre inconvénient pour une voie de grand trafic. La ligne fait d'ailleurs un détour par Pontarlier, cette direction étant plutôt celle de Neuchâtel et de Berne (que l'on avait d'abord en vue) que celle de Lausanne et du Simplon. M. Meyer a donc fait une étude d'avant-projet d'après les minutes de la carte d'état-major et quelques reconnaissances de terrain. Le tracé choisi se détache de l'extrémité est de la station de Frasné, à 437,150 km de Paris, par une courbe de 400 m. Il traverse par un grand alignement le plateau de Frasné et le contrefort de la Combe-aux-Oies, ce dernier par un tunnel de 1 020 m. Il suit la petite vallée de Vaux où l'on rencontre encore un tunnel de 200 m, et va traverser la vallée du Doubs entre les deux lacs de Saint-Priest et de Remoray, près de l'Abergement. De là, il pénètre dans la gorge qui ferme la vallée du Doubs; recoupant un contrefort par un tunnel de 280 m, il va atteindre son point culminant près des Longevilles, au pied du mont d'Or, à la cote d'altitude 896,58 m.

La chaîne principale du Jura, soit le mont d'Or, serait traversée par un tunnel de 6 560 m de longueur avec une seule pente de 13,5 pour mille vers la Suisse; il déboucherait directement et par une courbe de 400 m sur la gare actuelle de Vallorbes.

Le tunnel aurait 5 135 m sur le territoire français et 1 425 m sur le territoire suisse. La longueur totale entre Frasné et Vallorbes serait de 24,655 km.

Le coût de cette ligne a été évalué à 17 500 000 fr ou 710 000 fr par kilomètre.

Ce tracé donne un raccourci de 17,316 km sur la distance absolue de Frasné à Vallor-

(1) La compagnie fusionnée a pris le nom de Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale et du Simplon, en abrégé C<sup>ie</sup> S.-O.-S. On nous permettra d'user quelquefois de cette abréviation.

bes, comparé à la ligne actuelle par Pontarlier. Si l'on fait entrer en ligne de compte les distances virtuelles, ce raccourci devient 35,256 km (1)

M. Meyer proposait encore deux autres corrections moins importantes, l'une entre Mouchard et la Haute-Joux (estimée à 7 200 000 fr), l'autre sur le territoire suisse, entre Vallorbes et Daillens (évaluée à 2 700 000 fr). On aurait ainsi supprimé toutes les déclivités supérieures à 15 pour mille et porté le raccourci virtuel sur la ligne actuelle à 41 km. Cependant ces deux dernières corrections nous paraissent beaucoup moins urgentes et pourraient être ajournées sans inconvénient.

Aujourd'hui d'ailleurs il ne peut guère être question d'une amélioration immédiate du passage du Jura, du moins tant que l'Etat français et la Compagnie P. L. M. persisteront dans leur attitude passive. Heureusement, la voie du Simplon peut s'en passer au besoin, étant assurée quand même de la victoire sur sa rivale du Gothard. Les chiffres donnés dans la première partie de notre étude sont basés sur la ligne actuelle entre Dijon et Lausanne, et n'en font pas moins ressortir la supériorité incontestable de la ligne Paris-Simplon-Plaisance sur toutes ses rivales construites ou à construire. Cependant cette question devient plus importante au point de vue de la lutte des ports français contre Ostende et Anvers. Dans une lutte de ce genre, la victoire n'est jamais trop complète. Tôt ou tard, les intérêts de la puissante Compagnie de Paris à Lyon et à la Méditerranée la décideront à prendre elle-même l'initiative de cette importante correction avec le concours probable de la Compagnie du Nord qui y est également intéressée, et de l'Etat français peut-être.

En attendant, l'avant projet de M. Meyer démontre nettement la possibilité de réduire les pentes et côtes d'altitude reprochées si souvent à la ligne Dijon-Lausanne, partie intégrante de la grande voie du Simplon. Ce projet fait voir aussi que l'amélioration du passage du Jura entre Frasné et Vallorbes peut s'exécuter dans d'excellentes conditions techniques et au moyen d'une dépense relativement modérée.

La ligne Champagnolles-Morez-Annemasse, avec tunnel sous la Faucille, dont on parle beaucoup ces derniers temps, serait (comme nous l'avons montré plus haut) bien plus difficile à construire et à exploiter et coûterait plus du triple. Elle ne serait utile au Sim-

plon qu'indirectement, même en la complétant par un embranchement sur Nyon. Elle serait d'autre part incapable de procurer à la ligne projetée par le Mont-Blanc ou à celle du Mont-Cenis (qu'il faudrait encore compléter par de nouvelles lignes d'accès dans cet espoir précaire) un avantage décisif sur la voie Ostende-Gothard. En fin de compte, les 50 à 60 millions qu'exigerait la ligne Champagnolles-Morez-Annemasse ne profiteraient qu'à des intérêts locaux, tandis que les 17 millions et demi consacrés à la ligne Frasné-Vallorbes complèteraient et affermeraient la victoire des intérêts français sur la concurrence allemande en Italie et dans le transit anglo-italien, victoire qui ne peut être assurée que par le percement du Simplon, dussions-nous le répéter cent fois.

#### LA LIGNE D'ACCÈS SUD DU GRAND TUNNEL

Était l'objet de la seconde critique de la commission parlementaire: La rampe uniforme de 0,0237 m, adoptée par M. Lommel, lui avait paru bien forte comparée à la déclivité-limite de 0,0125 m dont se vantaient les promoteurs du Mont-Blanc, quoique bien à tort (comme MM. Colladon et Vauthier, l'ont clairement démontré).

M. l'ingénieur en chef Meyer se proposa donc de montrer, par des études sérieuses sur le terrain, que la vallée de la Diveria, au sud du massif du Simplon, se prêtait, bien mieux que celle de la Doire-Baltec, au sud du Mont-Blanc, à un régime de déclivités de 0,0125 m. Dans ce but on leva, sur les deux rives de la Diveria, tout le terrain compris entre la ligne de pente de 0,024 m, correspondant au projet de 1878, et une ligne de pente de 0,0125 m devant former la limite supérieure des nouveaux tracés. Déjà, à l'occasion du passage de la commission parlementaire française, en juin 1881, on avait jalonné, sur les deux rives, des lignes de pente à 13,5 pour mille. La commission parlementaire ayant exprimé le désir de voir réaliser ces études, la Société du Simplon chargea M. Meyer de les poursuivre et lui ouvrit, à cet effet, les crédits nécessaires. L'ingénieur en chef fut secondé dans cet important travail par MM. le colonel Lochmann et Crausaz (le premier de ces collaborateurs, qui a, depuis lors, succédé à M. le colonel Dumur dans la direction de l'armée du génie et du bureau topographique suisse, passe pour une autorité en matière de travaux topographiques).

On prolongea jusqu'à Megolo et Vogogna la triangulation établie en 1876 par la Compagnie du Simplon. La ligne, depuis la tête du tunnel jusqu'à Megolo, fut divisée en

(1) *La traversée du Simplon*, par J. Meyer, mémoires de la Société des Ingénieurs civils de 1883. Brochure tirée à part. Librairie Baudry.

14 feuilles de planchettes. Grâce au temps exceptionnellement favorable, le lever de ces 14 feuilles, commencé en septembre 1881, et qui occupa onze ingénieurs topographes expérimentés, fut terminé vers la fin de janvier 1882. L'échelle choisie était celle de 1/5000, et l'équidistance des courbes était admise à 5 m pour les coteaux fortement inclinés, et à 1 et 2 m dans la plaine.

Nous devons renvoyer au mémoire technique publié en 1883 par la Compagnie S. O. S. (1) et à la communication faite par son ingénieur en chef M. J. Meyer, à la Société des Ingénieurs civils (le 20 avril 1883) pour tous les détails de ces études consciencieuses sur le terrain et des travaux de cabinet qui étaient nécessaires à l'achèvement de ces projets. On y verra que ces travaux présentent toutes les garanties désirables pour un avant-projet définitif. Ainsi, sur la ligne d'axe déterminée très exactement, il a été construit des profils en travers au 1/500, distants de 20 m en moyenne, et en outre des profils spéciaux, à la même échelle, aux points où se présentaient des viaducs ou autres ouvrages d'art importants.

Cette ligne à 12,5 p. m., qui répond tout à fait à l'idéal de la Commission parlementaire française, coûterait 29 millions et demi, ou près du double de la ligne à 23,7 p. m. proposée par M. Lommel. Elle comporte 35 tunnels d'une longueur totale de 9,661 km et 23 viaducs. Mais son coût pourrait être réduit à 23 700 000 fr en faisant, comme au Gothard, l'infrastructure à simple voie partout où son élargissement subséquent ne causerait pas de surcroît de faux frais.

Outre le projet principal à 12,5 p. m., sur la rive droite de la Diveria, on a étudié de la même manière (mais sans lever pour le moment les profils en travers) 6 autres projets avec des déclivités-limites comprises entre 13 et 22 p. m., dont deux avec développement hélicoïdal. Trois de ces tracés suivent la rive droite, les trois autres la rive gauche de la Diveria. Chacun de ces projets pourrait être complété en quelques semaines, si cela devenait utile. Les documents obtenus permettraient même d'étudier rapidement tout projet intermédiaire entre ceux qui ont été proposés.

Les tracés à 20 p. m. paraissent les plus avantageux dès que l'on renonce à l'idéal de 12,5 p. m., car leur coût total ne dépasserait

guère 17 millions. Ils sont aussi plus courts en distance absolue, mais en revanche de 7 à 10 km plus long en distance virtuelle que le tracé à 12,5 p. m.

M. Lommel a proposé de son côté en 1881 un nouveau projet à 22 p. m., plus avantageux que celui de 1878 (à 24 p. m.).

Sans entrer ici dans le détail de ces divers projets, on peut affirmer que les études faites sous la direction de M. Meyer seront d'un grand secours aux ingénieurs italiens qui auront à s'occuper du projet définitif de cette ligne d'accès méridionale. Le gouvernement italien s'est en effet montré disposé, depuis longtemps, à construire à ses frais cette partie de la ligne internationale, située en entier sur son territoire (1). Et quoiqu'il n'ait pas été donné de promesse formelle à ce sujet, on doit regarder son concours comme presque assuré et comme une *conditio sine qua non* de la réalisation du projet du Simplon, surtout en présence de l'attitude toujours passive du gouvernement français.

Sans le concours de ce dernier, le programme français de 1881, la ligne de plaine parfaite entre Paris et Milan, devient d'autre part inabordable : La tête sud du grand tunnel devant être surélevée de 200 m afin de réduire le parcours souterrain de 20 à 16 km, on sera forcé d'adopter des rampes de 0,025 m pour la ligne d'accès.

Mais il est injuste de reprocher après coup, comme on l'a fait, aux ingénieurs de la Compagnie de la Suisse occidentale, d'avoir d'abord visé plus loin et plus haut, dans le but d'assurer une victoire plus complète aux nombreux intérêts en jeu, et surtout aux intérêts français que cette solution plus parfaite favoriserait tout particulièrement.

Voici d'ailleurs en quels termes M. Meyer expliquait lui-même devant la Société des ingénieurs civils, le véritable but de ses études détaillées : « Nous n'avons pas la prétention de donner le projet avec rampe à 0,0125 m comme la meilleure solution possible. Si l'on prend le parcours de Piedimulera à la tête sud du tunnel et que l'on compare les économies de traction que donnerait ce tracé sur ceux à rampes plus fortes de 0,020 m à 0,022 m, on se convaincrerait facilement que cette économie est loin de représenter l'intérêt de l'augmentation des capitaux engagés dans la construction, soit 12 à 16 millions. Mais la question ne doit pas être envisagée à un point de vue aussi restreint. La traversée du Simplon doit avoir pour but de rendre aux railways français la

(1) *Mémoire technique*, brochure de 120 pages in-4°, avec une carte générale au 1/600 000 de Dijon à Milan, une carte topographique spéciale au 1/50000 de Brigue au lac Majeur, et les profils en long au 1/100 000 des quatre projets principaux. En vente, au prix de 8 fr. Librairie Baudry, Paris.

(1) La ligne Domo-Gozzano qui va rejoindre l'ancien réseau italien, a été déjà construite par l'Etat avec un subside des provinces intéressées. Elle doit être livrée à l'exploitation ce printemps.

plus grande partie du trafic pour l'Italie que leur a enlevé le Gothard. Il faut donc que cette ligne concurrente présente sur celle du Gothard une supériorité incontestée dans ses conditions d'établissement. Les avantages qu'on obtiendrait en améliorant ainsi la ligne d'accès sud, la seule un peu difficile, se reporteront sur les lignes françaises, suisses et italiennes qui aboutissent à ce passage et permettront d'entreprendre hardiment la lutte des tarifs.

« En faisant ainsi une étude comparative complète, nous avons cherché à éviter que, au moment où les pouvoirs publics des pays intéressés auront à se prononcer sur le choix d'un tracé, il ne se produise des pertes de temps occasionnées par des demandes de nouvelles études : Nous avons voulu mettre en mains des représentants autorisés de ces pays tous les éléments de la question. »

Cette explication du but réel des belles études de 1881 et 1882 s'applique d'ailleurs à tout l'ensemble de ce projet, qui doit toujours être regardé comme le meilleur, et que l'abstention de l'Etat français oblige seule d'abandonner.

Il nous reste à examiner la partie essentielle de ce projet, celle qui se rapporte au choix du tracé souterrain.

#### TRACÉ DU GRAND TUNNEL

La troisième critique portait sur les difficultés géothermiques que le tunnel sous le Simplon pourrait rencontrer. Mais la commission parlementaire n'a guère insisté sur ce point, car une critique formelle adressée pour ce motif au Simplon eût impliqué la condamnation absolue du projet du Mont-Blanc.

La Compagnie S. O. S. n'était donc point tenue à s'inquiéter outre mesure d'une crainte aussi vaguement exprimée. Mais en Suisse même une campagne alarmiste plus vigoureuse avait été entreprise contre le projet Lommel dès sa publication. M. Stapff, l'ingénieur-géologue de la Compagnie du Gothard, dirigeait cette campagne avec beaucoup d'habileté en s'appuyant sur l'expérience acquise et ses observations personnelles réunies pendant le percement du Gothard, mais en même temps sur des calculs analytiques dont la valeur nous paraît plus contestable. Ses écrits publiés à cette époque (1) contiennent beaucoup de vérité, mêlée malheureusement à quelques erreurs et à une hostilité mal dissimulée contre le projet du Simplon. M. Stapff annonçait pour le tun-

nel Lommel des températures de 45 à 50 degrés et au delà, et concluait à l'impossibilité physique d'un percement à travers la chaîne des Alpes à une altitude inférieure à celle du tunnel du Gothard. Il engageait par conséquent les ingénieurs du Simplon à surélever leur tracé souterrain de 400 à 500 m, sachant bien qu'à cette hauteur la nouvelle voie ne serait plus une rivale aussi dangereuse pour celle du Gothard.

Une discussion très vive et très intéressante s'engagea en 1880 sur cette question entre M. Lommel et M. Stapff, devant la Société Helvétique des Sciences naturelles réunie à Brigue, en face de la tête nord du souterrain projeté. On trouvera un résumé de cette discussion dans le compte rendu de la réunion de la Société Helvétique de 1880, et la réponse détaillée de M. Lommel aux attaques de M. Stapff dans une *Etude sur la chaleur souterraine* (1) publiée par le premier en 1881. Cette étude est suivie de considérations très remarquables sur le mode d'attaque des grands tunnels.

L'année suivante, la compagnie financière eut à examiner à son tour la question thermique. Au lieu de suivre M. Stapff sur les sommets inhospitaliers et antiéconomiques où il conviait le tracé du Simplon, M. l'ingénieur en chef Meyer et les experts géologues de la Compagnie (MM. Lory, Renavier et Heim) découvrirent le moyen de placer le nouveau souterrain dans des conditions géothermiques parfaitement acceptables, sans abandonner le tunnel de base qui consacre le vrai triomphe du Simplon.

Les deux têtes choisies pour le nouveau tunnel étaient même situées plus bas que celles du projet Lommel de 1878. Pour obtenir des déclivités plus faibles pour les lignes d'accès sud que celles de ce dernier projet, il faut en effet que le tunnel débouche au sud à une altitude aussi basse que possible, et ne dépasse pas 630 m au-dessus de la mer. Au-dessous d'Iselle, la route du Simplon passe en galerie sous une grande paroi de rochers, qui est le prolongement, jusque dans le fond de la vallée de la Diveria, des arêtes rocheuses du pic de Vallé. Cette galerie forme, pour ainsi dire, une limite climatérique et orographique; en amont le thalweg de la vallée ne se prête pas à un régime de faibles déclivités, et les neiges y sont beaucoup plus abondantes. C'est donc à 250 m environ en aval de cette galerie et dans la gorge formée par le ruisseau de la Fontaine que M. Meyer a placé, à l'altitude de 627,83 m, la tête sud du tunnel. (Une position à peu près identique avait été indiquée dans la bro-

(1) Dr Stapff, *Wärmezunahme nach dem Inneren von Hohebirgen*. Berne, Librairie Schmid, 1880.

Dr Stapff, *Studien über den Einfluss der Erdwärme auf die Ausführbarkeit von Hohebirgers tunneln*, Leipzig, Veit et Co, 1879.

(1) Librairie Rouge, Lausanne 1881.



chure publiée en 1881 par M. Lommel, intitulée *Etude sur la chaleur souterraine*.) Un coup d'œil jeté sur les plans, et mieux encore sur le terrain, fait voir que, du moment où l'on cherche une altitude inférieure à 630 m, cet emplacement s'impose (1).

Pour le choix de la tête nord du tunnel, c'est la crainte de la rencontre des mauvais terrains qui devient le facteur déterminant : dans la vallée de la Saline, MM. Lory, Renevier et Heim avaient en effet, dès 1876, indiqué des couches de gypse, plongeant depuis le thalweg vers le tunnel et pouvant donner lieu à des infiltrations et à des accidents dans le genre de ceux rencontrés au Gothard sous Andermatt. Le plongement de ces couches est tel que, si l'on se reporte plus au nord, elles auront passé sous le niveau du tunnel et deviendront ainsi inoffensives.

Cette considération se combine avec celle de la chaleur, car en reportant la tête nord du tunnel plus en amont dans la vallée du Rhône, on évite le massif du Monte-Leone (sous lequel passe le tunnel Lommel) et on se rapproche des versants de la vallée de la Cherasca.

C'est ce qui a amené à placer la tête nord à 2448,50 m de l'axe de la gare actuelle de Brigue, dans l'enfoncement que forme le ruisseau de Thermen, vis-à-vis de Masseggen (1). Le tunnel déboucherait dans la plaine d'alluvions formée par les « glaciers » du Rhône, à l'altitude de 689 m au-dessus de la mer, soit à 5 m environ au-dessus des eaux du Rhône. Il y aurait à exécuter une correction partielle de cette rivière près de la tête nord du tunnel. Ce magnifique emplacement se prêterait parfaitement à l'établissement de la gare internationale en même temps qu'aux nombreuses installations pour la perforation. La plate-forme s'obtiendrait au moyen des déblais du tunnel, représentant 650 000 m<sup>3</sup> environ.

La ligne droite qui réunit les deux têtes du tunnel ainsi déterminées aux cotes de 689 m (nord) et 627,83 m (sud), a une longueur de 19,639 km, calculée d'après la nouvelle triangulation. Le problème que se posaient M. Meyer et les experts-géologues visait la détermination d'une ligne brisée ayant les mêmes têtes données, et offrant les meilleures conditions géothermiques possibles.

D'habiles ingénieurs-topographes (2) pré-

parèrent, pour servir de base à l'étude géologique, des profils en long du massif au-dessus du tracé du grand tunnel, et de kilomètre en kilomètre des profils en travers assez étendus, donnant une idée exacte du relief du massif. Ils firent un travail analogue pour les massifs du Mont-Cenis et du Gothard, où l'on avait des observations sur les températures intérieures. On a construit, pour ces deux derniers tunnels, les courbes géothermiques, c'est-à-dire celles qui représentent les points qui ont, à l'intérieur du massif, la même température, et les relations qui existent entre la forme de ces courbes et les profils extérieurs du massif ont été étudiées. Par analogie, on a cherché à construire ces mêmes courbes pour le massif du Simplon.

Ce travail eut lieu pour le tracé en ligne droite reliant les deux têtes ; il indiquait une température maxima de 36 à 39 degrés. En examinant les profils en travers, on a vu qu'en brisant la ligne et en prenant le sommet d'angle dans la vallée de la Cherasca le plus près possible du thalweg, on se rapprochait beaucoup des flancs de cette vallée, que les hauteurs du massif superposé diminuaient et qu'on bénéficiait du refroidissement produit par les grands évidements que forment les deux cirques rencontrés dans la vallée de la Cherasca.

La brisure fut placée à 4 500 m environ en arrière de la tête sud, avec une ordonnée de 1 070 m ; la longueur totale de ce tunnel brisé est de 19,795 km, soit un allongement de 157 m sur la ligne droite. (Il y a 9 km environ sur territoire suisse et près de 10,5 km sur territoire italien).

Le profil en long adopté est le suivant : altitude tête nord 689 m. Rampe de 0,002 m par mètre sur 9 500 m, strictement suffisante pour un bon écoulement des eaux. Altitude du point culminant 708 m ; palier avec courbes verticales de raccordement de 273,29 m de longueur. Pente de 0,008 m sur 10 021,36 m ; altitude tête sud 627,83 m.

L'application des courbes géothermiques à ce tracé fait prévoir une température intérieure maxima comprise entre 34 et 37 degrés, soit 2 degrés de moins que pour le premier tracé en ligne droite.

Dans l'été 1882, une inspection que M. Meyer fit avec les géologues consultés, permit de constater que les évidements de la vallée de la Cherasca sont plus accentués, plus ouverts que les cartes ne le représentent, et, par conséquent, plus avantageux au point de vue thermique. On fut ainsi amené

(1) *Traversée du Simplon*, par M. J. Meyer. Extrait des Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de 1883.

(2) Pour ce travail spécial, M. Meyer eut pour collaborateur M. Imfeld, un des ingénieurs les

plus habiles du bureau topographique fédéral, connu par ses beaux reliefs des Alpes valaisannes.



à augmenter un peu la brisure, de manière à porter le sommet d'angle au fond des vallons près du pont de Campo. L'angle formé au sommet par les deux directions serait de  $155^{\circ}32'29''$ , ce qui donne comme longueur 19 999,42 m (disons 20 km) ou un nouvel allongement de 205 m. Il y aurait à la tête nord une courbe de 124 m et de 500 m de rayon, suivie d'un alignement de 14 094,39 m, au sommet d'une courbe de 1 000 m de rayon et de 444,38 m de développement, et enfin un alignement de 5 336,65 m.

Au point de vue du massif superposé, le maximum serait à l'altitude de 3 750 m sous le Furrgrgenbaumhorn; mais à 300 m à droite et à gauche on descend à 2 500 m, ce qui donnerait une hauteur superposée de 1 795 m.

A 6 500 m de la tête nord, on passerait sous la vallée de la Ganther à une profondeur de 1 000 m, et à 5 300 m avant la tête sud, on passerait sous la vallée de l'alpe de Campo, à une profondeur de 680 m. Ces deux points avaient été recommandés par les experts géologues pour le fonçage de deux puits destinés à faciliter la lutte contre la température interne.

L'application des courbes géothermiques à ce tracé fait prévoir une température intérieure maxima comprise entre  $32^{\circ}$  et  $35^{\circ}$ , soit  $2^{\circ}$  de gagnés sur le précédent et  $4^{\circ}$  sur le tracé en ligne droite (1).

La même application avait été faite au tracé du tunnel projeté en 1878, passant sous le sommet du Monte-Leone, et par conséquent sous des massifs superposés de 2 275 à 2 780 m d'épaisseur, ce qui laissait prévoir une température intérieure pouvant atteindre  $48^{\circ}$ .

Au Mont-Blanc, les altitudes allant de 4 500 à 4 700 m, soit une épaisseur de superposition de 3 500 à 3 700 m, les géologues (comme nous l'avons déjà rapporté plus haut) prévoyaient une température pouvant s'élever jusqu'à  $52^{\circ}$ .

Voici d'ailleurs un extrait textuel du rapport de M. le professeur Renevier sur cette question des températures (2) :

« En cherchant à évaluer la température par comparaison avec le Gothard, pour le tracé coudé que vous avez soumis à notre examen, mon collègue, M. Heim, trouve les moyennes probables ci après : à 3 km envi-

ron de la tête nord, on atteindrait  $30^{\circ}$  C. Ce chiffre ne s'accroîtrait guère jusqu'au 7<sup>e</sup> kilomètre. De là, jusqu'au 9<sup>e</sup> kilomètre, sous l'arête d'Avrona, la chaleur s'accroîtrait jusqu'à  $35^{\circ}$  C. C'est là qu'on peut s'attendre à trouver le maximum de chaleur souterraine. La température serait de nouveau décroissante jusqu'au 11<sup>e</sup> kilomètre, où l'on se retrouverait probablement à  $30^{\circ}$  environ. De là on peut supposer qu'elle se maintiendrait à peu près constante jusqu'à 2 km de la tête sud, pour décroître alors rapidement.

« De tous les tracés proposés jusqu'ici pour le tunnel du Simplon, le plus favorable, au point de vue thermique, est incontestablement ce dernier dans lequel le maximum de chaleur ne paraît pas devoir dépasser  $35^{\circ}$  C. Ce chiffre aurait été de plusieurs degrés plus élevé avec les précédents projets qui passaient plus directement sous le massif du Monte-Leone, tandis que le tracé actuel profite de la vallée de la Saltine supérieure et surtout de celle de la Cherasca, avec son magnifique cirque de Diveglia.

« Ce tracé permettrait, en outre, de forer deux puits de ventilation; par ce moyen et par d'autres procédés semblables, il nous paraît hors de doute qu'on pourrait abaisser encore sensiblement la température maxima à l'intérieur du tunnel. . . . Dans ces conditions et avec les précautions dictées par l'expérience, il est à peu près certain que, malgré les quatre ou cinq degrés de plus, le travail pourrait devenir plus facile dans le tunnel du Simplon qu'il ne l'a été dans celui du Gothard.

« Le nouveau tracé d'août 1882 (longueur 20 km) me paraît, quoique légèrement plus long, bien plus avantageux que les divers projets qui nous ont été précédemment soumis.

« Il leur est préférable aussi au point de vue géologique, surtout pour les raisons suivantes (1) :

« 1). Il présente le maximum de garanties possibles, relativement à la rencontre éventuelle d'amas gypseux, tandis que les deux tracés haut et bas de 1877-1878, de la Compagnie du Simplon, risqueraient de rencontrer précisément le sommet de la voûte des micaschistes inférieurs et, par conséquent, d'avoir un trajet beaucoup plus long dans ce gypse, si toutefois celui-ci forme un banc continu sous le Teggiolo.

(1) Ces données sont empruntées à la communication faite en avril 1883, à la Société des Ingénieurs civils.

(2) Dans notre article sur le Mont-Blanc se trouve la partie du rapport qui contient les considérations générales sur l'évaluation des températures internes. On aura remarqué la prudence avec laquelle ce problème délicat a été abordé et étudié par les experts géologues.

(1) Nous sommes forcés d'abréger cette partie du rapport de M. Renevier, et de renvoyer nos lecteurs qui s'intéressent aux questions géologiques au *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles* de 1883, qui contient cette belle étude *in extenso*.

« 2). *La traversée du gneiss d'Antigorio, roche la plus dure et la plus résistante au percement, se trouverait considérablement abrégée* ; elle serait de 3 km environ au lieu de 6, et le surplus serait remplacé par des schistes cristallins plus tendres à percer, mais néanmoins assez résistants pour qu'on n'ait pas à craindre des pressions considérables et, par conséquent, pas à prévoir des revêtements d'épaisseur exceptionnelle, surtout si l'on considère que le gneiss compact d'Antigorio les recouvre en voûte.

« 3). *Quant aux infiltrations ordinaires à travers des terrains non gypseux, les chances de les voir se produire sont à peu près les mêmes dans le projet coudé que dans le tracé bas de 1877, c'est-à-dire bien plus favorables que pour le tracé haut de même date.* Si le nouveau tracé suit autant que possible les thalwegs, il le fait cependant à une profondeur qui varie de 625 à 1,000 m, ce qui réduit singulièrement les chances d'infiltration. Au contraire, dans sa partie nord, où la profondeur est bien moindre, il s'éloigne beaucoup de la Saltine, dont les infiltrations, au travers des schistes lustrés presque verticaux, eussent été à redouter.

« Voilà quels me paraissent être les avantages du nouveau tracé coudé. Quant à ses désavantages, sauf un petit excédent de longueur, je n'en connais aucun. »

Le rapport ajoute qu'on trouvera facilement à proximité des deux entrées du tunnel d'excellents matériaux de construction, soit pour les revêtements, soit pour les autres travaux d'art.

La Compagnie S.-O.-S. avait chargé, en 1882, d'une nouvelle exploration du Simplon, et en particulier de l'étude du nouveau tracé, les trois mêmes géologues qui s'étaient si bien acquittés de leur mission en 1877, MM. Lory, Renevier et Heim, en leur adjoignant encore M. Taramelli, professeur à l'université de Pavie.

Le tunnel projeté en 1882 rencontrerait les mêmes roches que celui de 1877, mais dans des conditions un peu différentes. En allant du nord au sud, on aurait à traverser, successivement, 3,5 à 4 km de schistes lustrés (ou schistes gris), puis 9 à 9,5 km de schistes cristallins feuilletés (avec 7 bancs de calcaires dolomitiques intercalés), roches très favorables à la perforation comme les précédentes; la section méridionale se composerait de 3 km de gneiss d'Antigorio, assez dur, et de 6 km de schistes cristallins plus tendres.

Le même rapport des experts s'exprime très favorablement au sujet de la ligne d'accès sud au point de vue géologique. Ces observations générales, que nous reprodui-

sons ici, s'appliquent d'ailleurs à tous les tracés proposés qui suivent la vallée de la Diveria, sur l'une ou l'autre rive, jusqu'aux environs de Crevola.

« La ligne, dit le rapport, serait constamment tracée soit sur le gneiss d'Antigorio, soit sur les éboulis de cette roche. Du reste, les éboulis sont relativement peu nombreux sur les deux rives. *Il serait difficile de rencontrer, au pied d'une haute paroi de rocher, des conditions plus favorables à la construction d'une ligne de chemin de fer, soit au point de vue des matériaux de maçonnerie qu'on trouve partout sur place, soit au point de vue de la sécurité.* La roche est en effet si compacte, qu'il s'en détache très rarement des blocs...

« ... En somme, nous pouvons dire que la ligne d'accès sud n'offre aucune difficulté spéciale. Son exécution sera relativement si aisée, qu'on ne peut la comparer sous ce rapport ni à la ligne d'accès du Gothard, ni à celle du projet par le Mont-Blanc. »

Le projet présenté par M. l'ingénieur en chef Meyer en 1882, dont nous venons d'étudier les traits principaux, est certainement la solution la plus parfaite à tous les points de vue du grand problème de la traversée des Alpes. C'est le tunnel de base par excellence, le tracé le plus bas qui soit praticable, non seulement au Simplon, mais à travers la chaîne des Alpes en général.

C'est le seul qui réalise complètement le programme de la Commission parlementaire française : une ligne de plaine entre la mer du Nord et l'Adriatique.

Et en même temps, de l'avis des savants géologues que nous venons de citer, ce tracé place le tunnel dans les meilleures conditions thermiques et géologiques possibles.

Le seul inconvénient de ce projet est la longueur du souterrain et le surcroît de dépense qui paraît devoir en résulter. Au point de vue technique, cette longueur de 20 km cesse d'être un obstacle insurmontable avec les forces hydrauliques puissantes (de plus de 4 000 chevaux pendant les basses eaux) sur lesquelles on peut compter de chaque côté, et les moyens perfectionnés de perforation mécanique et de réfrigération dont on dispose aujourd'hui. L'excès de dépense (sur le projet plus récent d'un tunnel de 16,5 km) qu'exigerait le retour au projet de 1882 ne saurait guère dépasser 20 à 25 millions, si l'on tient compte de l'économie réalisée ainsi sur les lignes d'accès.

Avec une subvention de 25 millions, la France pourrait aujourd'hui encore rendre possible cette solution parfaite entre toutes, que nous ne pouvons nous empêcher de re-

gretter. C'est pourquoi nous avons tenu à en donner à nos lecteurs un exposé aussi complet que possible.

Ce projet avait été soumis à plusieurs autorités scientifiques et techniques de France et d'Italie, qui lui ont fait le meilleur accueil. Le *Bulletin du Simplon* d'octobre 1883 a publié des lettres très flatteuses pour les projets de M. Meyer, signées par MM. Piar-

ron de Mondésir, Bazaine, Fernand Raoul Duval, Ruelle, de Lapparent, Valle, etc.

En Suisse, les ingénieurs les plus estimés et les mieux placés pour juger d'une étude de ce genre, MM. le colonel Dumur, G. Bridel, L. Gonin, Gerlich, professeur de construction des chemins de fer au Polytechnikum de Zurich, etc., ont reconnu la haute valeur de ces études.

#### PROJETS PLUS RÉCENTS ET PLUS ÉCONOMIQUES

##### PÉRIODE INTERMÉDIAIRE 1883-1885

Nous avons déjà vu, dans la première partie de notre étude, qu'à partir de 1883 les chances de voir le gouvernement français s'intéresser à l'entreprise du Simplon allèrent en diminuant d'année en année. Et cependant les résultats de l'ouverture de la ligne du Gothard (en 1882), résultats si désastreux pour le commerce et les chemins de fer français, que M. Marteau avait si bien prédits d'avance, n'étaient pas faits pour rassurer. Le dernier rapport officiel de M. le consul Marteau, présenté en octobre 1884, ne pouvait laisser au gouvernement français le moindre doute sur les effets de la concurrence allemande, favorisée par la nouvelle percée des Alpes.

D'autre part, la Compagnie de la Suisse occidentale, concessionnaire du tunnel du Simplon, ne perdait pas de vue la grande tâche qu'elle avait assumée. Son ancien directeur M. Chéronnet, d'origine française, enlevé par une mort prématurée, et son digne successeur M. Colomb, avaient constamment devant les yeux le but important auquel tenaient leurs meilleurs efforts.

Le Comité du Simplon continuait à agir sur l'opinion par une publication intéressante (1), mettant à profit toutes les expériences acquises au Gothard et à l'Arlberg, et rendant compte des nombreuses manifestations de villes et corporations françaises qui ne cessèrent de demander à leur gouvernement et à leurs députés de prendre l'initiative du percement du Simplon. (Nous avons donné plus haut des extraits de plusieurs de ces pétitions).

Un de nos premiers hommes d'Etat, M. P. Ceresole, avait quitté la position élevée de conseiller fédéral pour se vouer entièrement à la grande œuvre internationale. Chargé de représenter le Comité du Simplon en France, il avait gagné à la cause qu'il défendait de

puissantes amitiés et de nombreuses sympathies.

Mais après la mort de Gambetta, partisan chaleureux et convaincu du Simplon, la question de la traversée des Alpes ne revint plus devant le Parlement.

##### TUNNEL de 16 km et PROJET de BANGE

La Compagnie de la Suisse occidentale dut finalement prendre un parti adapté à la nouvelle situation et chercher le moyen de réaliser le percement du Simplon, en dehors de tout concours officiel de la France.

Un moment on crut devoir renoncer au tunnel de base et chercher une solution moins coûteuse au moyen d'un tracé dont l'altitude et les pentes se rapprocheraient de celles de la ligne concurrente du Gothard. On songea donc à reprendre un très ancien projet, présenté par MM. Clo et Venetz, ingénieurs valaisans, dès 1857 (alors que le percement du Mont-Cenis avait à peine commencé et était encore violemment attaqué). Ce projet comportait un tunnel de 12 490 m, ayant son point culminant à l'altitude de 1 068 m (inférieure de 100 m à celle du tunnel du Gothard) et sa tête sud à la cote de 1 011 m. Pour améliorer les conditions thermiques intérieures, il faudrait briser le tracé, ce qui donnerait une longueur de 13 000 m. Mais pour s'élever de la vallée du Rhône vers Viège à cette altitude avec une rampe de 0,025 m, il faudrait une ligne d'accès d'un développement de 17 km et traversant des terrains très difficiles. La ligne d'accès serait enfin très coûteuse et comporterait l'exécution de plusieurs tunnels hélicoïdaux comme au Gothard. Bref, on arrivait, en ajoutant le coût de ces lignes d'accès à celui du tunnel, à une somme de plus de 50 millions pour la simple voie et de plus de 60 millions pour la double voie. Naturellement l'idée s'imposait de consacrer une partie des dépenses qu'absorbent ces lignes d'accès à abaisser l'altitude du tunnel de 200 à 250 m en l'allongeant. Ceci amena M. Meyer à trouver que des tunnels dont l'altitude varierait entre 770 et 850 m et la longueur entre 15 et 17 km,

(1) Le *Bulletin du Simplon*, publié par ce Comité, contient une foule de renseignements précieux sur toutes les questions qui touchent au percement des Alpes. Nous y avons largement puisé.

ne nécessiteraient guère un capital plus élevé, et que c'était là la véritable solution.

M. Meyer proposa donc, à la suite de ses nouvelles études, un tunnel de 16 070 m, débouchant au nord à l'altitude de 820 m, et au sud à celle de 830 m.

A ce moment (en 1885) la Société des anciens établissements Cail à Paris, partant de la même idée qu'il fallait assurer l'exécution de la traversée du Simplon avec un capital le plus réduit possible, mit en avant un projet connu sous le nom de « projet du colonel de Bange », son directeur. Ce projet fut accueilli avec une grande froideur par l'opinion publique et les autorités des cantons de la Suisse Romande qui comprirent que le moment était venu d'intervenir. Elles craignaient que la solution de la traversée du Simplon ne fût compromise par l'adoption d'un système incapable de suffire au trafic d'une grande ligne internationale.

C'est alors que le gouvernement de Fribourg prit l'initiative de convoquer une conférence des cantons intéressés et de la Compagnie de la Suisse occidentale, conférence qui eut lieu à Lausanne le 22 mars 1886 et dans laquelle on décida de faire examiner par une commission d'experts compétents la meilleure solution à adopter. L'apparition du projet de Bange eut l'avantage de provoquer ce mouvement qui marque un sérieux pas en avant.

La commission d'experts fut composée de :

MM. E. Polonceau, ingénieur en chef du matériel et de la traction de la Compagnie des chemins de fer d'Orléans;

Doppler, inspecteur en chef et adjoint à la direction de la construction des chemins de fer de l'État autrichien (ancien ingénieur en chef de l'Arlberg);

W. Huber, ingénieur civil à Paris;

J. Dumur, colonel du génie suisse, ancien ingénieur en chef des chemins de fer serbes.

Cette commission fut chargée d'examiner :

I. Le projet présenté par la Société des anciens établissements Cail, et d'émettre un avis sur ses avantages et inconvénients, et de voir s'il conviendrait pour un passage de l'importance du Simplon.

II. Le projet d'un chemin de fer à voie et à système d'exploitation normaux :

1<sup>o</sup> Quelle est la valeur comparative des projets présentés, au point de vue de la construction et de l'exploitation ?

2<sup>o</sup> Peut-on admettre la construction d'un tunnel à une seule voie ? Quels en seraient les avantages et les inconvénients au point de vue du coût, de la ventilation et du débit ?

III. A quel projet les experts donnent-ils la préférence ?

Quelles sont éventuellement les modifications qu'ils proposent ?

Dans l'intervalle la Commission a été nantie encore de projets pour la traversée du Simplon d'après les systèmes Fell et Agudio.

Cette commission, qui déposa son rapport le 17 novembre 1886, a commencé par examiner sommairement la situation du tracé du Simplon par rapport au Gothard et au Mont-Cenis. Nous avons déjà donné, dans la première partie de notre travail, les distances absolues et virtuelles calculées par les experts pour les principaux itinéraires.

Il en résulte, selon eux, que les voyageurs et les marchandises qui, de Paris et Boulogne pour Milan, passent actuellement par le Mont-Cenis et le Gothard, préféreront à l'avenir la voie du Simplon, qui est la plus courte. Mais de Bâle et Belfort à Gênes et à Milan la voie par le Simplon est plus longue que par le Gothard. Pour assurer le trafic des marchandises au Simplon, il faut que la solution adoptée combatte ces inconvénients par des facilités de transport et par un profil avantageux qui permette un accroissement de vitesse et des réductions de tarif, ce que le Gothard pourra difficilement faire à cause de ses frais d'exploitation élevés.

« La traversée du Simplon n'est à proposer, dit le rapport, que si le trajet se fait sans transbordements, sans changements de voitures et si le profil n'est pas trop accidenté (à moins d'avantages très considérables pouvant se constater et s'apprécier clairement, se chiffrer en un mot).

« Tels sont les principes généraux qui forment la base de ce rapport. »

Ces principes devaient nécessairement conduire les experts à rejeter les systèmes de Bange, Fell et Agudio. Voici d'ailleurs leur conclusion, qui nous dispense de les suivre dans la discussion détaillée des avantages et inconvénients de ces trois systèmes :

« La Commission, après avoir étudié très en détail ces trois systèmes, est d'avis qu'elle ne peut les admettre, parce qu'ils sont ou impossibles à réaliser, ou d'une réalisation très coûteuse, surtout en comparant la dépense à la recette. Comme elle l'a déjà exposé, la traversée du Simplon ne peut avoir de raison d'être que si elle se fait facilement, sans transbordements, ni changements.

« Si l'on admettait ces transbordements, changements, manœuvres, etc., on pourrait arriver à de meilleurs résultats, soit par une série de monte-wagons mis en mouvement au moyen d'accumulateurs comme on en installe à la gare Saint-Lazare à Paris, soit



en ayant recours au système de M. Gonin, ingénieur en chef du canton de Vaud, ou au système Abt (crémaillère), qui paraîtraient à votre Commission préférables à tous égards aux systèmes Fell, Agudio, de Bange, soit à de simples locomotives avec lesquelles on arriverait à remorquer des trains sur des rampes de 0,090 m...

« Mais la Commission est d'avis que, même ainsi, il n'y aurait aucune chance de réaliser une exploitation rémunératrice. Elle est unanime à déclarer que *c'est seulement par un tunnel de base que cette traversée est possible, c'est-à-dire présente au point de vue financier et au point de vue des relations de la Suisse avec l'Italie un intérêt sérieux.* »

#### TRACÉ ADOPTÉ

La Commission a étudié les divers tracés, et, après examen, discussion et études sur le terrain, elle s'est déclarée d'avis d'adopter le tracé proposé par M. l'ingénieur en chef Meyer (1).

Ce tracé a son origine au kilomètre 137,969 de la ligne Lausanne-Brigue, à 1 310 m au-delà de l'axe de la gare de Viège; il traverse obliquement la vallée du Rhône, puis se développe à flanc de coteau, sur une longueur de 8 981 m jusqu'à la tête nord du grand tunnel, à l'altitude de 820 m, dans la vallée de la Saltine, sur la rive gauche.

La cote d'altitude au départ est de 652,65 m; il est en rampe de 0,012 m sur 291 m, puis de 0,020 m sur 8 190 m, et en palier sur 500 m à la tête nord du tunnel, à l'altitude de 820 m.

Il ne présente pas de difficultés exceptionnelles; un viaduc de 30 m d'ouverture et de 8 m de hauteur pour la traversée de la Gamusa à la sortie de la gorge, et un tunnel de 375 m de longueur sous le mamelon de Wickert en sont les ouvrages principaux. De grands remblais près de la tête nord seraient faits avec les déblais provenant du tunnel.

Sur le versant sud le souterrain devait, d'après le tracé adopté par les experts, déboucher à la cote d'altitude de 830 m en aval de Gondo; la distance jusqu'à la frontière italienne était de 600 m.

Mais le gouvernement italien a insisté sur son désir de voir le tunnel déboucher sur son territoire. Il a même fait entendre que c'était là une condition *sine qua non* de son

appui moral et de sa participation financière. Il a donc été convenu entre les ingénieurs de la Compagnie S.-O.-S. et un ingénieur italien, réunis en conférence en septembre 1887 pour discuter cette question de raccordement (1), que la partie méridionale du tunnel serait déviée et prolongée d'un demi-kilomètre environ, de manière à placer l'embranchure sud sur terre italienne.

Quant à la ligne d'accès du côté sud, les experts n'avaient point à s'en occuper, puisque c'est le gouvernement italien qui doit s'en charger. Il appartient donc à ce dernier de choisir le tracé définitif et de faire étudier de nouveau toutes les questions qui s'y rattachent. Mais il profitera sans doute largement des belles études des ingénieurs de la Compagnie S.-O.-S., dont nous avons parlé. Cette compagnie a aussi fait étudier par son ingénieur en chef, M Meyer, un tracé adapté aux conditions nouvelles. Ce tracé part de la cote d'altitude de 822,50 m à la frontière et permet d'arriver à la gare de Domo (altitude 273,50 m), avec une pente de 0,025 m sans développement artificiel (hélices ou lacets) en suivant le fond de la vallée de la Diveria et en ménageant deux paliers de 400 m pour les stations de Varzo et de Crevola. La longueur à construire sur territoire italien serait ainsi de 22,768 km.

La ligne Domo-Gozzano, construite par l'Etat italien, sera ouverte à la circulation au printemps. La communication directe est ainsi assurée avec Novare et Gênes. Mais la ville et la province de Milan n'ont cessé de réclamer depuis longtemps, et tout récemment encore, une seconde ligne de raccordement entre Ornavasso et Arona, plus directe pour Milan et Plaisance, et qui avait été étudiée et même commencée par l'ancienne Compagnie Lavalette, avant la ligne de Gozzano. C'est, en effet, le complément par excellence de la percée du Simplon.

Un projet pour cette voie de raccordement a été élaboré avec beaucoup de soin et présenté en 1882 au gouvernement italien par M. l'ingénieur Pensa, sous les auspices du *Comité promoteur milanais pour le percement du Simplon*.

Le tracé suit la rive occidentale du lac Majeur, d'assez près pour en desservir les stations d'étrangers et de villégiature les plus renommées: Belgirate, Stresa, Baveno (les îles Borromées), enfin Pallanza et Intra, petite ville industrielle, par un embranchement spécial. La ligne passera d'autre part

(1) La Commission déclare « que, pour elle, la meilleure solution serait incontestablement le tunnel de base de 20 km. Si l'on peut réaliser le capital suffisant, c'est celui qu'elle conseillerait sans hésitation. Sinon, il faut se rejeter sur le tunnel de 16 km, qui donnerait encore toute satisfaction au point de vue de l'exploitation. »

(1) M. Dapples, chef de l'inspectorat technique fédéral des chemins de fer, assistait à cette conférence à titre de délégué officieux du gouvernement suisse.

sur une terrasse morainique, assez haut pour ne point gêner cette superbe contrée et éviter des expropriations aussi coûteuses que barbares. La plus forte rampe de cette ligne est de 6 pour mille près d'Ornavasso. Entre Ornavasso et Domo (soit sur la ligne déjà construite de Gozzano) on atteint la limite supérieure de 12,5 p.m. sans la dépasser.

L'Ornavasso-Arona donne sur l'Ornavasso-Gozzano un avantage de 15,120 km en distance absolue et de 29 km en distance virtuelle pour Milan, et de 10,750 km en distance absolue et 17,280 km en distance virtuelle pour Plaisance.

La voie du Simplon mettra ainsi en communication directe les deux plus beaux lacs de l'Europe, deux contrées privilégiées par leur climat exceptionnellement doux et fréquentées de plus en plus par les malades et les convalescents. Et cette communication aura lieu à travers la vallée du Rhône et les Alpes valaisannes, si riches en sites grandioses et en centres d'excursions incomparables. *La nouvelle ligne égalera, si elle ne la surpasse pas, celle du Gothard par la beauté des pays traversés, et lui sera souvent préférée à cause de ses conditions climatiques.* (En adoptant le tracé de 1882 on ne dépasserait même pas la limite de la culture de la vigne (1).) *Ce sera la voie choisie pour les voyages d'hiver, le chemin du Midi par excellence.*

Ces conditions climatiques ont d'ailleurs leur importance au point de vue de la facilité et de la sécurité d'exploitation. Les tristes accidents, dus aux avalanches, qui viennent de coûter la vie à plusieurs employés et ouvriers des lignes de l'Arlberg et du Gothard (2), sont bien faits pour rappeler les dangers et les graves inconvénients des tracés hauts dans les Alpes.

Il est encore question d'une autre ligne de raccordement entre Santhià et Borgomanero (près de Gozzano), ligne réclamée par le Piémont, facile à construire, mais beaucoup moins urgente que celle d'Arona à Ornavasso.

Entre Baveno et Arona, cette dernière ne sera séparée que par la largeur du lac de la voie rivale du Gothard. Cette proximité ou cette convergence, obligée d'ailleurs pour deux lignes qui ont le même objectif, a servi

de prétexte aux attaques des partisans du Mont-Blanc et du Saint-Bernard. « Le Simplon, dit M. de Vautheleret, n'est qu'une seconde édition du Gothard. » — C'est vrai, mais il s'agit de s'entendre : Le Simplon est bien une nouvelle édition, mais l'édition française à l'usage et au profit du commerce, des ports et des chemins de fer français, comme la voie du Gothard est l'édition allemande d'une même œuvre, à l'usage et au profit exclusif du commerce et des chemins de fer allemands et des ports belges. *Le Simplon est la seule ligne directe de Boulogne et Paris à Milan et Plaisance, comme le Gothard est la seule ligne directe d'Os-tende et Berlin (ou Francfort) à Milan et Plaisance.*

On n'enlève pas à l'ennemi une position bien défendue en s'en éloignant le plus possible, mais en dirigeant son effort principal sur ce point. *Si la France ti nt à regagner la place qui est due à ses produits sur le riche marché de la Lombardie, la bataille doit être livrée à Milan, et le chemin le plus sûr pour y arriver passe par le Simplon et Arona.*

#### DEVIS

Le dossier du projet de 1886 de la Compagnie S.-O.-S. contient un devis détaillé et appuyé sur l'expérience acquise pendant le percement du Gothard et de l'Arlberg. Ce devis arrive à un total de 55 millions pour le tunnel de 16 070 m à double voie (total qui pourrait être réduit de 9 millions en construisant le souterrain à simple voie). Dans ce chiffre sont compris entre autres 7 millions et demi pour les installations hydrauliques, compresseurs pour la perforation, ventilateurs, etc., qui seraient établies par la Compagnie concessionnaire et remises par elle gratuitement, comme à l'Arlberg, à l'entreprise du tunnel.

Le devis admet que l'attaque aurait lieu par deux galeries, celle de base ayant 2,75 m de large sur 2,50 m de haut, soit 6,875 m<sup>2</sup> de section, et celle de faite 2 m de large sur 2,30 m de haut, ou 4,60 m<sup>2</sup> de section. Nous ne pouvons entrer ici dans tous les autres détails des devis et conditions d'exécution du travail.

Les experts donnent, à très peu près, les mêmes chiffres, soit 55 795 040 fr pour le tunnel à double voie et 46 924 400 fr pour le profil à simple voie. Ils évaluent la rampe d'accès nord, à voie unique, à 2 414 560 fr, plus 300 000 fr à dépenser à Viège pour douanes, dépôt, etc.

Ils comptent 910 000 fr pour l'acquisition de 13 locomotives et 400 000 fr pour la rampe

(1) Au point de vue de l'exploitation, le tracé de 1882 offre des avantages incomparables.

(2) A Wasen, sur la ligne du Gothard, le 15 février dernier, cinq ouvriers chargés de débayer la galerie de protection encombrée de neige, ont été ensevelis dans cette galerie même, sous la neige qu'y a fait pénétrer la chute d'une seconde avalanche.

d'accès sud sur territoire suisse (1). Enfin, pour vaincre les difficultés de la haute température dans le grand tunnel, si on les rencontraient, ils prévoient une dépense supplémentaire de 2 millions et demi.

Le coût total des 25,651 km à construire entre Viège et la frontière italienne serait ainsi, d'après la Commission,

De 62 319 600 fr pour le tunnel à double voie,

Et de 52 948 960 fr pour le tunnel à simple voie.

Le syndicat de banquiers qui s'est engagé, par une convention signée en novembre 1887, à fournir le capital-actions de 36 millions et à se charger de la construction du tunnel, a trouvé l'estimation des experts trop basse. Le prix du mètre de tunnel a été fixé par la convention à 4 380 fr et le travail à forfait du percement a été rétrocedé à ce prix à une société d'entreprise franco-italienne, honorablement connue à Paris.

Le tunnel, allongé d'un demi-kilomètre pour déboucher sur territoire italien, coûterait ainsi, avec la ligne d'accès nord, près de 75 millions. Le capital dont on disposera étant de 96 millions, il en restera plus de 20 pour payer les intérêts pendant la période de construction et les imprévus.

L'entreprise est aujourd'hui définitivement constituée sur cette base, à la condition que le chiffre de subventions à fonds perdus atteindra 30 millions (2). Quinze sont déjà votés ou assurés par les cantons, villes et corporations suisses. Les quinze autres millions sont attendus, et en partie assurés par les provinces, villes et compagnies italiennes intéressées.

En ouvrant un concours pour l'adjudication du grand tunnel, la Compagnie S. O.-S. aurait reçu probablement des soumissions à des prix plus bas que celui de 4 380 fr. Mais après tant d'années d'attente et de déceptions, il importait avant tout d'assurer la constitution définitive de l'entreprise dans le plus bref délai, et sous les auspices d'un groupe financier qui inspire une entière confiance et garantisse l'exécution loyale et parfaite du projet adopté.

Ces considérations expliquent et justifient

(1) Cette rampe d'accès prévue à ciel ouvert sera donc remplacée, à la demande du gouvernement italien, par un prolongement du tunnel, qui augmentera notablement la dépense.

(2) D'après la convention de novembre 1887 le capital de 96 millions sera formé : par ces 30 millions de subventions, 36 millions d'actions fournis par le syndicat, et 30 millions d'obligations, émission de la C<sup>o</sup> S. O.-S. garantie par une première hypothèque sur sa ligne, déjà construite, du Valais.

les frais de formation du capital et le prix de 4 380 fr par mètre du grand tunnel, qui paraîtra peut-être un peu élevé à beaucoup d'ingénieurs. Ces mêmes considérations nous dispensent d'entrer ici dans le détail du devis.

Quant au tunnel de 20 km, projeté en 1882, que nous regardons toujours (ainsi que les experts, bien plus compétents que nous), comme la meilleure solution, la Commission estime son coût total de 85 à 90 millions (ou de 65 à 70 millions pour le profil à simple voie). La ligne d'accès nord à ce tunnel ne coûterait en revanche que 350 000 fr. Et nous ne croyons pas que le total puisse dépasser de plus de 25 millions le coût de l'exécution du projet de 1886.

Pour les lignes d'accès à construire sur territoire italien, on annonce qu'un arrangement sera proposé prochainement au gouvernement royal par un syndicat financier italo-suisse (1). Ce dernier se chargerait de l'établissement de la ligne d'accès Domo-Gondo au prix de 23 millions, et de la ligne de raccordement Ornavasso Arona au prix de 11 400 000 fr. De toute manière, même si un pareil arrangement ne convenait pas au gouvernement italien, le syndicat s'engagerait à avancer à ce dernier les sommes nécessaires à la construction des deux lignes, ainsi que les quinze millions de subvention au grand tunnel qu'on attend de l'Italie. Cette avance totale de 49 400 000 fr, que le syndicat propose au gouvernement, serait amorti en 50 ans.

En ajoutant les 23 millions nécessaires à l'établissement de la ligne indispensable Domo-Gondo, aux 96 millions à dépenser sur territoire suisse, on arrive à un total de 119 millions pour la traversée du Simplon.

En augmentant ce chiffre des 11 400 000 fr qu'exigerait la ligne Ornavasso-Arona, complètement très avantageux, mais non indispensable, de la voie du Simplon, le total atteindrait 130 400 000 fr.

Nous avons vu que l'exécution du projet du Mont-Blanc, avec ses raccourcis et ses lignes d'accès les plus indispensables, coûterait 250 millions, et celle de la traversée du Saint-Bernard 200 millions. Et ces deux passages ne pourraient compter ni sur des subventions suisses, ni sur un accueil favorable en Italie.

(1) Nous donnons ces derniers renseignements sous toutes réserves, rien n'étant encore conclu entre le gouvernement italien et le syndicat italo-suisse. L'évaluation du coût des lignes d'accès nous a paru cependant intéressante à noter.

## TUNNEL A SIMPLE OU A DOUBLE VOIE

Les experts évaluent, comme nous venons de voir, l'économie momentanée qui résulterait de la construction du grand tunnel à simple voie, à 9 millions de francs environ pour une longueur de 16 km (projet de 1886) et de 15 à 20 millions (1) pour une longueur de 20 km (projet de 1882). L'étude des avantages et des inconvénients du profil à simple voie avait été recommandée tout particulièrement à l'attention de la Commission. Aujourd'hui cette étude n'offre plus le même intérêt, puisque la convention entre la Compagnie concessionnaire et la nouvelle Société de construction du Simplon a été conclue pour le profil à double voie. Le capital assuré de 96 millions permet d'ailleurs de renoncer à l'économie, plus apparente que réelle, qu'aurait procuré cette réduction de la section du souterrain.

Sans doute, le public et même beaucoup d'ingénieurs s'exagèrent les inconvénients d'un tunnel à simple voie sous le triple rapport de la gêne qu'il impose au mouvement des voyageurs et des marchandises, de la difficulté de la ventilation et des dangers qu'il présente en cas d'accident ou de réparations urgentes.

Les experts démontrent par des chiffres qu'il serait difficile de contester qu'un tunnel de 20 km à simple voie suffirait, au besoin, à un mouvement de marchandises de 1 460 000 t par an. (Or, le maximum annuel pour le tunnel du Gothard a été, en 1885, de 425 000 t).

Pour faire face à un pareil trafic, il faudrait en revanche établir la double voie sur les deux lignes d'accès et ménager des voies de garage aux deux têtes du souterrain.

Les experts font observer, avec raison encore, que les moyens artificiels proposés par eux pour l'aération du tunnel pendant la période d'exploitation, suffiraient aussi dans le cas du profil à simple voie. Pour atténuer l'inconvénient de la fumée et des gaz, ils conseillent de donner au profil à simple voie une hauteur supérieure à celle du tunnel à double voie, soit 6,50 m au lieu de 6,10 m, précaution très sage, mais qui diminue d'autant la différence entre les deux sections et l'économie qui en résulterait.

Les experts pensent aussi sans doute, quoi-

qu'ils évitent d'appuyer sur ce point, qu'en redoublant de prudence on éviterait les accidents si redoutés que l'imagination se plaît à évoquer. Il est certain qu'on ne connaît guère, jusqu'à ce jour, d'accidents très meurtriers arrivés dans des tunnels en exploitation, quoique ceux-ci se multiplient et qu'il en existe un grand nombre à voie unique et à section bien plus réduite que celle proposée au Simplon. Néanmoins cette crainte, d'autant plus difficile à combattre qu'elle n'est guère accessible au raisonnement, persisterait toujours et risquerait d'éloigner beaucoup de voyageurs de la nouvelle voie. De même le commerce ne pourrait s'empêcher de voir dans l'impossibilité de la pose d'une seconde voie, une entrave sérieuse à la rapidité des communications, malgré tous les calculs destinés à lui prouver le contraire. Et ces craintes ne manqueraient pas d'être exploitées contre le Simplon par ses concurrents.

L'élargissement ultérieur d'un tunnel de cette longueur et au milieu du grand trafic qui en démontrerait la nécessité, a été reconnue impraticable par les experts, et même par M. Lommel qui avait publié cependant un mémoire important en faveur du tunnel à simple voie destiné, selon lui, à faciliter et hâter la constitution de l'entreprise. Aussi l'ancien directeur de la Compagnie du Simplon propose-t-il, pour le cas d'une forte augmentation de trafic, la construction d'un second tunnel à simple voie qu'on attaquerait par dix niches latérales, ménagées d'avance pendant la construction du premier, et qui serviraient de refuges au personnel en attendant. Mais le surcroît de dépense que présenterait le percement successif de deux tunnels, comparé à la construction d'emblée du tunnel à double voie, ce surcroît que M. Lommel évaluait de 7 à 9 millions, s'élèverait à 25 ou 30 millions d'après M. de Stockalper, qui nous paraît plus près de la réalité.

Il vaudrait certainement mieux percer le Simplon à simple voie que de renoncer pour toujours à cette grande entreprise. Mais l'économie relativement peu importante qu'on réaliserait ainsi momentanément est, selon nous, la dernière à laquelle il faudrait recourir. Et nous félicitons la Compagnie concessionnaire d'avoir pu éviter cette solution dont l'impression fâcheuse sur le public était à redouter autant, et plus peut-être, que ses inconvénients réels.

D'ailleurs, la Commission, tout en voyant dans le profil à simple voie un moyen légi-

(1) M. G. Bridel, l'éminent ingénieur en chef de la Compagnie du Gothard, consulté sur cette question spéciale en 1883, peu de temps avant sa mort, évaluait l'économie réalisée par la simple voie, sur un tunnel de 20 km, à 14 millions seulement; M. de Stockalper, ingénieur de l'entreprise du Gothard, l'estimait de 10 à 15 millions.



time de réduire, en cas de besoin, le capital de construction, complète sa pensée en émettant cet autre avis qu'il importe de citer : « La Commission est d'avis que la somme la plus considérable doit être réservée pour le tunnel, c'est-à-dire qu'on doit dé-

penser le minimum absolu pour les voies d'accès et consacrer le maximum disponible au tunnel ; car, une fois le tunnel percé, il n'est plus possible d'y rien changer, tandis que les voies d'accès peuvent être améliorées plus tard... »

#### AÉRATION DU TUNNEL PENDANT SON EXPLOITATION RÉGULIÈRE

L'étude de ce problème s'imposait à la Commission, non seulement dans l'éventualité de la construction à simple voie, mais en général, vu la longueur du nouveau souterrain. Cette longueur dépassera en effet celle du Gothard de 1,5 km ou même de 5 km si l'on revenait au projet de 1882.

Les experts font remarquer d'abord que les tunnels du Mont-Cenis et du Gothard, les plus longs qui existent, sont aérés naturellement. Mais les causes qui favorisent cet aérage par les moyens naturels dans les deux souterrains, sont, pour ainsi dire, diamétralement opposées.

Au Mont-Cenis, cette cause est due à la différence de niveau relativement importante entre les deux embouchures, qui était d'abord de 132,50 m, et qui s'élève depuis le nouveau raccordement du côté de Modane à près de 160 m. Cette cause, qui est secondée en hiver par la différence de température entre l'air du tunnel et l'atmosphère extérieure, autre facteur de l'aérage naturel, produit un courant constant du nord au sud, soit de Modane à Bardonnèche. La preuve que c'est bien à la différence de niveau qu'est dû principalement le tirage naturel constaté (ainsi que l'explique du reste la théorie des cheminées), c'est l'amélioration sérieuse qui s'est produite sous le double rapport de l'énergie et de la constance du courant, depuis la reconstruction de la partie nord, malgré l'allongement d'un kilomètre qui en est résulté, et malgré la forte pente de 27 p. m. adoptée pour ce nouveau kilomètre. Avant cet allongement, plusieurs cas d'asphyxie s'étaient produits dans le personnel chargé de surveiller et de réparer la voie souterraine (1).

Dans toute la moitié nord du tunnel du Mont-Cenis règnent des rampes de 23 p. m. au minimum. La consommation de combustible est donc nécessairement très élevée, mais par la même raison le courant plus énergique. Encore cette énergie n'est-elle

pas toujours suffisante : trois ou quatre jours par an, il arrive que, par des circonstances atmosphériques exceptionnelles, le tirage naturel se ralentit, s'arrête tout à fait et parfois se renverse dans le sens du sud au nord ; on remédie alors au défaut d'aération en diminuant la charge des trains de marchandises, afin qu'ils puissent parcourir le tunnel ayant le feu bas et avec une vitesse plus grande. La Commission d'experts (du Simplon) estime que cette mesure est très sage, mais elle pense « qu'il eût été préférable d'adopter dans le tunnel de faibles rampes, afin de pouvoir marcher toujours le feu bas et à une certaine vitesse ». Aussi les experts conseillent-ils pour le Simplon et posent ils même comme première condition « la réduction des rampes autant que possible à 2 ou 3 pour mille, afin de diminuer la production de fumée, de vapeur d'eau et surtout de gaz irrespirables, et afin de pouvoir aussi remorquer une charge plus forte au moyen d'une seule machine. » (D'après la Commission l'adhérence qui est de 0,14 à ciel ouvert, descendrait pour les voies souterraines toujours humides à 0,10 et même à 0,08, et la charge, remorquée par une même machine, d'environ 40 p. c.)

Il résulte aussi d'un tableau calculé par les experts que la consommation de combustible, partant la production de gaz irrespirables, et le volume d'air absorbé par la combustion, augmentent du simple au double, ou à très peu près, lorsque la rampe s'élève de 3 à 27 p. m. (soit de la déclivité conseillée au Simplon, à celle qui règne à l'extrémité nord du tunnel du Mont-Cenis.)

Il est certain qu'il y a tout avantage à diminuer la cause de l'infection de l'atmosphère intérieure dans la mesure du possible. Et la limite de 3 p. m. du côté nord et de 2 p. m. du côté sud conseillée par les experts et adoptée pour le dernier projet du Simplon, paraît justifiée par cette raison.

D'autre part, l'adoption de cette faible pente qui diminue la cause d'infection, sans la supprimer, paralyse du même coup l'effet du tirage naturel en réduisant presque à zéro son facteur principal, soit la différence de niveau entre les deux embouchures. Il ne faut donc point s'exagérer l'efficacité de cette solution

(1) *Etude sur l'application de la ventilation artificielle à l'aérage du tunnel du Mont-Cenis*, par M. de Kossuth, directeur des mines de Cesena. Annales des Mines de 1881, Tome 20, page 285.

et surtout ne point lui sacrifier des avantages plus réels, tels que la réduction des déclivités de la ligne d'accès sud — car cette dernière restera toujours, au point de vue de l'exploitation, la partie la plus difficile, ou plutôt la seule un peu difficile (1) de la traversée du Simplon. C'est dans le but très légitime de placer cette ligne d'accès sud dans les meilleures conditions possibles, que M. Vauthier avait adopté une rampe de 14 p. m. pour le premier tunnel de base, et M. Meyer une rampe de 8 p. m. pour son tracé de 1882 qui n'en reste pas moins, et même en partie pour cette raison, le meilleur de tous. La plus grande production de fumée et de gaz nuisibles qui pourrait ainsi résulter du retour au tunnel de 20 km ne nous paraîtrait pas un motif suffisant pour y renoncer. Même la rampe de 14 p. m. de M. Vauthier ne nous effrayait pas. En effet, d'après le tableau publié par la Commission même, l'élévation de la rampe dans le tunnel de 3 à 8 ou de 3 à 14 pour mille, n'augmenterait la production de gaz nuisibles que de 34 ou de 70 p. c. Il suffirait donc pour les rendre inoffensifs d'augmenter en proportion équivalente le volume d'air frais introduit par jour dans le tunnel, par quelque moyen mécanique. Or, rien n'est plus facile, comme nous verrons bientôt.

Il est juste de reconnaître que l'aérage naturel du tunnel du Saint-Gothard, lequel a lieu sans difficulté, malgré la longueur de 15 km et un trafic important, paraît donner raison à la Commission. On sait que la pente n'est que de 5,8 p. m. dans la partie nord du tunnel du Gothard et descend même au-dessous de 1 p. m. dans la partie sud; (cette faible pente a été pendant le percement un obstacle sérieux à l'écoulement des eaux rencontrées en quantités effrayantes).

Nous reconnaissons aussi franchement à cette occasion que les craintes exprimées dans notre mémoire publié en 1883, au sujet de l'insuffisance de l'aérage naturel de ce grand souterrain, ne se sont point réalisées, et qu'aucun accident ne s'y est produit pour le personnel de la voie que nous croyions d'ailleurs seul menacé éventuellement. Les observations régulières qui sont faites par ce personnel même et dont M. E. Dapples, chef de l'inspection technique des chemins de fer suisses, a bien voulu nous communiquer les résultats, paraissent très satisfaisantes. Ces observations, très régulières d'ailleurs, qui seront peut-être publiées bien-

tôt, se font « au jugé », comme on dit, c'est-à-dire que l'employé note d'après son impression personnelle si le courant d'air est faible, suffisant, bon ou très bon. Il indique aussi le sens du courant lorsque celui-ci est assez nettement accusé (2). Au point de vue de l'étude scientifique du phénomène, nous eussions préféré des mesures anémométriques rendant compte plus exactement des variations du courant et des lois qui les régissent. Mais au point de vue de la sécurité de l'exploitation, la situation a été reconnue satisfaisante. C'est là l'essentiel. D'ailleurs le trafic n'a pas beaucoup augmenté ces dernières années.

La Commission conclut de cette situation satisfaisante au Gothard « que la ventilation dans le tunnel du Simplon se fera aussi naturellement », grâce surtout à la réduction des rampes proposées par elle. Elle reconnaît d'autre part la nécessité « de rassurer le public » et l'avantage qu'il y aurait à produire sur celui-ci dès les premiers jours de l'exploitation une impression favorable « en plaçant d'emblée le nouveau tunnel dans des conditions d'aérage meilleures que ceux du Mont-Cenis et du Gothard ». Et la Commission ajoute, que « si la ventilation naturelle, par suite de la plus grande longueur du tunnel, présentait des difficultés, il serait facile d'y remédier ».

Nous nous associons complètement aux dernières conclusions des experts, et jusqu'à un certain point à la première. Nous ne pensons pas en effet que l'aérage devienne beaucoup plus difficile au Simplon qu'au Gothard et au Mont-Cenis en marchant toujours le feu bas et à grande vitesse. Cependant il y aura au début à lutter contre une température plus élevée, qu'une ventilation énergique seule parviendra à vaincre rapidement. Il y a aussi lieu de tenir compte de la plus grande longueur et de la nécessité de rassurer le public, deux considérations invoquées par la Commission même. Mais nous pensons que cette sécurité offerte au public doit être réelle et non seulement apparente. Par conséquent, il convient de renoncer dès le début au maintien des compresseurs destinés à fournir, au besoin, d'air comprimé la chambre de refuge et d'autres points isolés du souterrain, car ce moyen est reconnu par la Commission et par les ingénieurs italiens char-

(1) Cette ligne d'accès n'en sera pas moins incomparablement plus facile à construire et à exploiter que celles du Mont-Blanc et du Saint-Bernard, comme nous l'avons exposé plus haut.

(2) On peut conclure de l'inspection du tableau d'observations que le courant change très souvent de sens et se renverse avec une grande facilité sans arrêt complet intermédiaire. Le sens du courant n'est d'ailleurs pas toujours le même dans les diverses parties du souterrain. Le régime de courants et de contre-courants qui s'établit naturellement paraît assez complexe.

gés de l'appliquer au Mont-Cenis, comme insuffisant au point de vue de la ventilation proprement dite, et comme précaire et relativement très coûteux s'il doit servir simplement de mesure éventuelle de sauvetage contre l'asphyxie ou d'assainissement local. En effet, les 5 compresseurs qui marchent jour et nuit à Bardonnèche et dont l'entretien (avec celui des conduites) doit coûter plus de 40 000 fr par an, ne donnent après tout que 7 500 m<sup>3</sup> d'air comprimé à 4 atmosphères, ou 30 000 m<sup>3</sup> réduits à la pression atmosphérique ordinaire, soit 1/18 du volume total du tunnel. Il faudrait donc 18 jours pour renouveler l'atmosphère du souterrain du Mont-Cenis par ce seul moyen.

Or, avec un bon ventilateur de mine placé à son embouchure sud, on pourrait facilement renouveler l'atmosphère du tunnel, 18 à 20 fois par jour, et le coût d'établissement de cet appareil ne dépasserait guère (1) la somme dépensée annuellement pour le seul entretien des compresseurs et des conduites à air comprimé. On voit que cette solution, comparée aux mesures appliquées actuellement au Mont-Cenis, serait dix fois moins coûteuse et plus de trois cents fois plus efficace, s'il est permis de s'exprimer ainsi. Elle a été proposée dès 1871, pour le tunnel du Mont-Cenis, par M. Frescot, ingénieur en chef du matériel des chemins de fer de la Haute Italie, et plus tard, en 1881, par M. de Kossuth dans un savant mémoire publié en français par cet ingénieur dans les *Annales des Mines*. Nous l'avons nous-même recommandée pour les tunnels du Gothard et du Simplon en 1883, dans notre mémoire précité, et nous sommes heureux de voir cette même solution conseillée par les ingénieurs compétents chargés de l'examen des nouveaux projets du Simplon. Là elle peut d'ailleurs être appliquée sans nouvelle dépense, puisqu'il suffira de conserver un ou deux des ventilateurs aspirants dont l'emploi a été proposé par M. l'ingénieur en chef Meyer et vivement recommandé par les experts pour la période de construction du tunnel. Nous parlerons dans le chapitre suivant de la puissance de ces appareils et de leur rôle important dans la lutte contre les difficultés thermiques prévues pendant le percement. Un seul de ces aspirateurs à force centrifuge (qu'il conviendra de choisir dans les types les plus éprouvés) pourra produire à travers le tunnel achevé un courant continu d'une vitesse de 2,50 m par seconde, soit faire cir-

culer un volume d'air frais de 106 m<sup>3</sup> en n'absorbant qu'une force de 50 à 60 chevaux bruts.

Mais pour que l'appareil puisse déployer réellement cet effet utile, il est absolument nécessaire de fermer l'embouchure près de laquelle il sera placé par une porte, ou plutôt, avec la double voie, par deux battants indépendants qu'elles ouvrent que pour laisser passer le train et se referment aussitôt. Ces battants peuvent être manœuvrés automatiquement par le train lui-même, ou par un employé préposé à ce service, qui pourrai d'ailleurs agir à distance au moyen d'un mécanisme facile à imaginer. Il faudra des demi-portes d'une construction légère, tournant facilement sur leurs gonds, incapables d'empêcher le train de passer, et d'autre part fermant hermétiquement dans les intervalles, — car il importe avant tout que la communication entre l'air du tunnel et l'atmosphère intérieure n'ait lieu qu'à travers le ventilateur. Celui-ci devra être placé à l'extrémité d'une galerie spéciale d'une dizaine de mètres au moins. Si le souterrain se termine par une courbe (ce qui est fréquent), la galerie rectiligne tracée au début peut servir à ce but.

Ces dispositions, très simples, ne sauraient coûter bien cher; et les ventilateurs utilisés pendant le percement et convenablement placés d'emblée peuvent, à l'aide de ces battants de porte placés à l'une des extrémités, rendre déjà de très grands services pendant la période de transition, soit entre la rencontre des deux galeries d'attaque et le commencement de l'exploitation régulière du tunnel. On pourra ainsi obtenir un très rapide abaissement de la température et du degré d'humidité pendant cette période qui fut très pénible à passer au Gothard (malgré le secours de l'aérage naturel, évalué à 12,5 m<sup>3</sup> par seconde par M. Stapff).

Un des experts, M. Ernest Polonceau, a proposé à la Commission une solution plus radicale qui consisterait à isoler les gaz irrespirables pendant le passage même du train et à les évacuer séparément : « On disposerait dans ce but, soit à la partie supérieure du tunnel, soit sur le côté (en adoptant une cheminée de locomotive d'une forme spéciale), un tube, une cloison ou un canal fermés par des clapets, laissant seulement passer la cheminée de la locomotive, ou s'ouvrant pour le passage de la fumée et de la vapeur, qui seraient aspirées par un ventilateur placé aux entrées du tunnel. La dépense du tube, de la cloison ou du canal dans le tunnel varieraient, suivant les types adoptés, de 80 fr à 225 fr le mètre, soit, pour un tunnel de 16 km, de 1 280 000 à 3 613 000 fr ».

(1) Les frais d'entretien d'un bon aspirateur du type Guibal ou Ser sont minimes. On sait par leur longue expérience dans les houillères combien ces appareils sont robustes et sûrs.

« Cette solution serait évidemment la meilleure, dit la Commission, néanmoins elle pense que, même pour un tunnel à voie unique, un simple ventilateur aux deux extrémités du tunnel suffirait parfaitement; des portes seraient placées aux deux extrémités et fermées aussitôt le train passé; bien entendu, cette ventilation ne pourrait que suivre la ventilation naturelle, et lorsque cette dernière serait établie, les aspirateurs ne devraient agir que dans le même sens. »

Nous partageons l'avis de la Commission, et nous pensons même qu'un seul bon ventilateur placé à l'une des extrémités suffirait à atteindre le but proposé. L'aérage naturel, avec une différence de niveau si faible (10 m) entre les deux têtes, ne pourra être ni énergique ni constant, il sera donc assez indifférent de placer l'aspirateur à l'une ou à l'autre embouchure. Il conviendra cependant de faire, comme au Gothard, des observations météorologiques régulières suivies pendant une année au moins des deux côtés, afin de pouvoir se rendre compte d'avance des conditions de l'aérage naturel dans le tunnel achevé. Et celle des deux stations qui présentera la moyenne thermométrique la plus élevée et la moyenne barométrique la plus basse sera désignée comme l'emplacement le plus favorable pour l'aspirateur, pour peu que l'écart soit un peu sensible. Un bon ventilateur aura d'ailleurs, presque toute l'année, raison des caprices d'un pareil aérage naturel, et en cas de contre-pression momentanée très prononcée, il suffira d'arrêter l'appareil. Celui-ci pourra chômer sans inconvénients pendant les semaines les plus froides, où la différence entre la température intérieure et extérieure sera assez forte pour produire un tirage naturel suffisant entre le centre du tunnel et les extrémités. On en profitera pour réparer le ventilateur.

D'autre part, il serait toujours prudent de conserver le second ventilateur, prévu par la Commission, afin de remplacer le premier en cas d'avarie sérieuse, ou de le renforcer au besoin. Mais il y aura plus d'avantage et d'économie, vu ce double but, à le placer du même côté que le premier.

La Commission recommande encore éventuellement, pour le cas où « la question de dépenses ou des difficultés de quelque autre genre feraient rejeter les précédents systèmes », l'emploi des machines sans feu du système Lamm et Francq. Ce système est trop connu en France (et des lecteurs du *Moniteur Industriel* en particulier) pour que nous en donnions ici la description. La Commission, après mûr examen, conclut que ce « procédé de traction serait plus coûteux que par des locomotives ordinaires; mais

l'augmentation de dépenses ne serait pas suffisamment considérable pour faire renoncer à l'emploi du système Lamm et Francq, si l'on éprouvait des difficultés pour la ventilation du tunnel du fait de l'emploi de locomotives ordinaires ».

Si l'on tenait à éviter, par un mode spécial de traction, toute production de gaz nuisibles, nous donnerions encore la préférence au système de M. Gonin, ingénieur en chef du canton de Vaud. Ce système qui repose sur l'emploi d'un tube propulseur (fixe) à air comprimé, est très économique au point de vue de la dépense et de la force motrice (1); il utiliserait une partie (une petite partie seulement) des installations à air comprimé déjà établies pendant le percement. De plus, il ne nécessiterait ni transbordement, ni locomotive spéciale. La locomotive ordinaire resterait simplement à l'extrémité du souterrain. Enfin, l'air comprimé qui se répandrait dans le tunnel — quoiqu'en trop petite quantité pour devenir un moyen de ventilation proprement dit — tendrait à améliorer la composition de l'atmosphère intérieure, tandis que la machine Francq augmenterait notablement sa teneur, déjà trop élevée, en vapeur d'eau.

*Mais nous ne croyons pas qu'il y ait ici des raisons suffisantes pour renoncer à la traction par locomotives ordinaires, si l'on prend le parti de conserver à l'une des entrées du souterrain un ou deux des ventilateurs dont l'emploi pendant le percement est recommandé par les experts.*

Cette solution est si sûre, si simple et si économique « qu'il ne vaut pas la peine de s'en passer », comme on dit vulgairement. Et elle permettra :

- 1.) De rassurer le public sérieusement, et non seulement pour la forme;
- 2.) D'obtenir très rapidement, après la rencontre des galeries d'attaque, l'assainissement et le rafraîchissement complet de l'atmosphère du tunnel;
- 3.) De faciliter les réparations, toujours à prévoir, au milieu de l'exploitation la plus active;
- 4.) De lutter d'une manière énergique et certaine contre les fumées et les gaz nuisibles, et contre l'humidité qui diminue l'adhérence des rails et attaque à la longue le revêtement en maçonnerie.

---

(1) L'emploi des locomotives à air comprimé dans ces conditions serait trop coûteux, ainsi que M. Mékarsky, consulté par la C<sup>ie</sup> du Gothard, l'a reconnu lui-même. La traction électrique avait été écartée par la même compagnie, pour des raisons semblables.



*Par l'adoption (ou plutôt par la conservation, sans nouvelle dépense) de ce moyen simple et économique de ventilation, le tunnel du Simplon sera placé d'emblée dans*

*des conditions de température et de salubrité meilleures que ses rivaux du Gothard et du Mont-Cenis, et ces derniers finiront peut-être par l'imiter.*

#### DIFFICULTÉS A VAINCRE PENDANT LA CONSTRUCTION DU GRAND TUNNEL

Parmi ces difficultés, une seule était de nature à préoccuper sérieusement la Commission, à savoir celle que font craindre les hautes températures prévues dans la partie centrale du tunnel à percer.

Les conditions géologiques dans lesquelles le percement devra s'effectuer n'ont rien d'inquiétant. Pour le projet de 1882, nous avons vu que ces conditions sont même très favorables. Et quoiqu'une expertise spéciale en vue du nouveau tracé de 1896 n'ait pas encore eu lieu, nous tenons de la bouche d'un des savants géologues qui ont pris part aux explorations antérieures du massif du Simplon, que le nouveau projet promet d'être encore plus avantageux au point de vue des infiltrations et de la rencontre de terrains gypseux qu'il paraît éviter complètement. Les roches à traverser sont les mêmes que pour les projets précédents (de 1877 et de 1882), schistes gris ou « lustrés » et schistes cristallins, roches tendres et faciles à la perforation, et le gneiss d'Antigorio, plus dur et plus résistant. La nouvelle expertise, qui aura lieu bientôt, déterminera l'ordre et la répartition de ces roches traversées et leurs particularités dans le nouveau tracé. Mais on peut affirmer, sans trop s'avancer, qu'aucune de ces roches n'inspire des inquiétudes sérieuses au point de vue statique ou hydrologique. Quant à la dureté et à la compacité du gneiss d'Antigorio, elle n'est plus un obstacle redoutable avec les moyens de perforation mécanique dont on dispose aujourd'hui et qui réduisent singulièrement le retard subi de ce chef. Nous n'avons pas à entrer dans l'étude détaillée de ces moyens, qui a été faite bien souvent, par des hommes plus compétents que nous, et d'une manière particulièrement instructive, à l'occasion du percement de l'Arlberg, par M. l'ingénieur en chef J. Meyer (1), et plus récemment, par M. Revaux, ingénieur civil des mines (2).

D'après cette dernière étude, bien connue sans doute de nos lecteurs français, l'avancement journalier s'est maintenu à l'Arlberg, pendant la dernière année du percement,

entre 5,50 et 6 m (1). La perforatrice Brandt, à pression hydraulique, a fait brillamment son devoir du côté ouest comme la perforatrice Ferroux, à air comprimé, du côté est. Cette dernière a été, de la part de son inventeur, l'objet de perfectionnements importants depuis l'achèvement du tunnel de l'Arlberg. Et de nouveaux systèmes de perforation ont été proposés et expérimentés de divers côtés.

La Société de construction du Simplon n'aura donc que l'embarras du choix. Elle donnera sans doute la première place aux appareils qui ont donné les preuves de leur supériorité au Gothard et à l'Arlberg, sans fermer la porte aux progrès futurs. Il nous paraît hors de doute que de nouveaux progrès seront accomplis pendant le percement du Simplon et hâteront l'achèvement de ce grand travail de manière à surpasser plutôt les espérances de la Commission d'experts. Cette dernière estime « que la durée des travaux ne dépassera pas 6 années si les hautes températures ne se présentent pas au centre du tunnel; et que si ces difficultés spéciales prévues se rencontrent, il faudra compter 18 mois de plus ».

La rapidité de la perforation et la victoire sur les difficultés thermiques en particulier sont d'ailleurs assurées par l'abondance des forces hydrauliques disponibles aux deux entrées du futur souterrain.

La Commission a cherché à se rendre compte sur place de la valeur des renseignements publiés par la Compagnie S.-O.-S. sur ses jaugeages qui ont été continués pendant plusieurs mois, en particulier pendant l'hiver exceptionnellement froid et sec de 1879 à 1880. Les experts ont trouvé ces données parfaitement exactes, « c'est-à-dire qu'on disposerait sur le versant sud, aux eaux les plus basses, d'au moins 6 300 chevaux théoriques, soit 4 000 chevaux effectifs, amenés par 3 ou 4 conduites distinctes, et aux basses eaux moyennes de 8 100 chevaux théoriques, soit 6 000 chevaux effectifs ».

« On sait qu'au tunnel du Gothard, du côté d'Airolo surtout, la force motrice est descen-

(1) *Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes, 1882 et 1883.*

(2) *Etude des travaux exécutés à l'Arlberg, par M. Revaux. Annales des mines, 5<sup>e</sup> livraison de 1884.*

(1) Voir aussi dans la *Revue polytechnique suisse* (4 et 11 juin 1887) deux articles de M. Hirzel. L'avancement maximum à l'Arlberg a été de plus de 8 m.

due à 400 chevaux ; on disposerait donc d'une force dix fois plus considérable.

« *Sur le versant nord*, en outre de la Massa et de la Saltine, si l'on faisait un barrage du Rhône à Hochfluh, on aurait une force disponible de 5 952 chevaux théoriques. Si l'on établissait ce barrage à Mœrel avec un canal de 4 500 m, on aurait une chute de 55 m correspondant à une force de 10 560 chevaux.

« On voit donc que sur les deux versants et en ne dérivant qu'une partie des eaux du Rhône sur le versant nord, on aurait largement les forces nécessaires pour actionner les machines perforatrices et les ventilateurs les plus puissants ; sous ce rapport, on se trouverait dans des conditions bien supérieures à celles qu'on avait au Saint-Gothard et à l'Arlberg.

« Enfin la Commission appelle l'attention sur la possibilité d'employer l'électricité pour transmettre les forces économiquement ; il y a là une nouvelle facilité d'exécution économique qui n'existait pas autrefois. »

La Commission a aussi étudié les diverses sections de tunnels à simple et double voie ; elle est tombée d'accord sur les dimensions suivantes : Pour le tunnel à simple voie, la hauteur sous clef serait de 6,50 m au-dessus des traverses ; la largeur aux naissances, soit à 2,50 m du rail, de 5,50 m ; pour le tunnel à double voie, la hauteur est de 6,10 m et la largeur de 8,20 m aux naissances ; dans les deux cas, l'appareillage doit être radial. Le tunnel à double voie aura ainsi 42,52 m<sup>2</sup> de section, le profil à simple voie 32,75 m<sup>2</sup>.

Quant aux galeries d'attaque, le projet de M. Meyer, approuvé par les experts, donne 2,50 m de large sur 2,75 m de haut à la galerie de base et 2 m sur 2,30 m à celle de faite. Pour cette dernière, il serait préférable, selon nous, d'en augmenter les dimensions, de manière à atteindre au moins 5 m<sup>2</sup> de section. On faciliterait ainsi la ventilation générale, ainsi que la perforation mécanique qu'on a tout intérêt à appliquer régulièrement à cette galerie supérieure.

*Les difficultés thermiques et les moyens de les vaincre* ont été l'objet d'une étude spéciale des experts. Nous essayerons de résumer ici cette partie très remarquable de leur rapport et d'en discuter les principales conclusions, en nous fondant sur l'expérience acquise dans les travaux souterrains exécutés récemment, et sur la théorie nouvelle de l'aérage des mines, telle qu'elle est sortie des études de MM. Callon, Devillez, Murgue, Ser, etc. (1)

(1) Les résultats principaux de ces études ont

La Commission rejette complètement l'exemple du Gothard en insistant :

1° Sur l'insuffisance de la force motrice réellement disponible (à Airolo surtout) pendant la période des basses eaux ;

2° Sur l'absence de mesures hygiéniques et disciplinaires pareilles à celles que l'administration autrichienne a su si bien prendre à l'Arlberg ;

3° Sur le mode de paiement à l'entreprise ayant pour base exclusive l'avancement des galeries d'attaque.

Sans nier l'influence de ces deux dernières causes de difficultés, et l'excellent effet dû, d'autre part, aux sages mesures de l'administration du chemin de fer de l'Arlberg, nous croyons que la première cause invoquée par la Commission, l'insuffisance de la force motrice, tombée parfois de plus de 80 p. c. au-dessous du chiffre promis à l'entrepreneur Favre, explique suffisamment les difficultés éprouvées, d'autant plus qu'il s'agissait de lutter contre un obstacle inconnu ou méconnu jusqu'alors, dont l'expérience seule, pendant la dernière phase du percement, a révélé toute la gravité. Aujourd'hui on est prévenu et par là même tenu à faire mieux. Au Simplon, on aura même la possibilité de faire beaucoup mieux, grâce à la force motrice disponible qui sera au minimum de 4 000 chevaux effectifs de chaque côté. Sans négliger les installations hygiéniques, hôpitaux, logements d'ouvriers, et à l'intérieur l'organisation d'un bon service de boisson et des mesures de propreté indispensables — autant de choses excellentes conseillées par la Commission — les ingénieurs doivent songer avant tout aux meilleurs moyens de réfrigération et d'assainissement de l'atmosphère interne que l'expérience et les derniers progrès de la science mettent aujourd'hui à leur disposition.

#### I. RAFFRAICHISSEMENT PAR L'AIR COMPRIMÉ

L'idée d'appliquer l'air comprimé au percement des longs tunnels, idée fondée sur des principes scientifiques rationnels, est due à M. le professeur Daniel Colladon qui le premier en a démontré la possibilité et les avantages, par ses expériences restées célèbres. La première mise en pratique à grande échelle de cette idée, essai imparfait au début, fut le mérite des ingénieurs italiens et savoisiens du Mont-Cenis, et plus

été résumés et magistralement exposés par M. Haton de la Goupillière dans le second volume de son *Cours d'exploitation des Mines*. Les belles études de M. Murgue, parues dans *Bulletin de l'Industrie Minérale*, ont été réunies et traduites en allemand par M. J. de Hauer, professeur à l'Académie de Leoben.

particulièrement celui de Sommeiller, inventeur de la première perforatrice pratique, fondée sur ce principe.

A côté de ses avantages connus pour la transmission de la force à grande distance et la perforation des roches les plus dures, l'air comprimé offre la ressource précieuse d'un aérage et rafraîchissement gratuits du chantier auquel il apporte la force motrice. A lui seul, il a suffi à la ventilation de tous les chantiers pendant le percement du Mont-Cenis (où les aspirateurs appliqués dans des conditions désavantageuses n'ont pu jouer qu'un rôle insignifiant). Il y a également suffi dans les conditions thermiques bien plus difficiles du Gothard. Pendant les deux dernières années de ce grand travail, un supplément d'aérage, par quelque autre moyen plus énergique, eût été sans doute très désirable. Mais l'absence, par force majeure, de ce supplément n'a finalement pas empêché l'achèvement de ce tunnel de 15 km avant celui des lignes d'accès. Et si, pour les tunnels de l'avenir, on doit chercher à donner à l'air comprimé des auxiliaires plus efficaces à dépense égale, il convient toujours de tenir compte du rafraîchissement gratuit dû à la détente de l'air qui a servi à la perforation.

Les observations journalières faites au Gothard (1) ont établi qu'au front d'attaque de la galerie d'avancement, pendant la marche des perforatrices dépensant ensemble en moyenne par minute 3 m<sup>3</sup> d'air comprimé à 4-5 atmosphères effectives, ainsi que dans les autres chantiers attaqués mécaniquement, la température descendait à environ 2° au-dessous de la température de la roche. Il est vrai que, à 50 m en arrière de ces chantiers, l'atmosphère reprenait déjà sensiblement la température de la roche, mais néanmoins les ouvriers avaient bénéficié de ce rafraîchissement. « C'est là, dit avec raison M. de Stockalper (2), une des causes principales de la bonne marche relativement plus constante des chantiers mécaniques et spécialement de la galerie d'avancement, qui ont été pour cette raison moins influencés par l'accroissement de la chaleur ».

Les experts (du Simplon) ont calculé, d'après les observations régulières de M. Stapff au Gothard, que 3 m<sup>3</sup> d'air comprimé à 4,5 atmosphères fournissaient dans ce tunnel, par leur expansion, un rafraîchissement

équivalent à 78 calories. « Ainsi, pour faire équilibre aux 2 000 calories environ abandonnées par la roche en une minute dans les deux galeries de base et de faites supposées rafraîchies de 10° en moyenne sur un kilomètre, il faudrait par conséquent y introduire  $\frac{2000}{78} = 25$  fois plus d'air que ci-dessus, soit

75 m<sup>3</sup> d'air comprimé (à l'origine à 5 atmosphères) par minute. Un rafraîchissement complet des chantiers au moyen d'air comprimé exigerait une force motrice de 5 000 chevaux de chaque côté du tunnel. » Or, le minimum auquel la force motrice peut descendre pendant les basses eaux étant de 4 000 chevaux, il ne faut donc pas compter sur ce moyen pour obtenir le rafraîchissement complet.

« Si l'on admet toutefois, dit le rapport des experts, qu'à partir des températures au dessus de 30° on interrompe tous les travaux sauf ceux des deux galeries d'avancement, on pourra se borner à ne rafraîchir complètement que ces chantiers d'avancement seulement. Il suffirait alors d'introduire dans chacun de ces chantiers 15 m<sup>3</sup> d'air à 5 atmosphères ou 10 m<sup>3</sup> à 8 atmosphères, pour y maintenir une température d'une dizaine de degrés inférieure à celle de la roche, mais qui remonterait à cette dernière à environ 250 m en arrière des fronts de taille.

« L'introduction de cette masse d'air exigerait 20 compresseurs et une force de 2 000 chevaux à chaque tête du tunnel. Mais comme l'air comprimé serait également utilisé pour la perforation et que les installations ci-dessus n'atteignent pas le double de celles de l'Arlberg côté est, tandis que dans le devis du Simplon on prévoit pour les installations une somme de plus du double de celles réellement dépensées à l'Arlberg, il n'y a donc pas lieu de prévoir des dépenses supplémentaires de ce fait. La durée de la construction serait toutefois augmentée par suite de la suspension des travaux. Ce retard peut être évalué à 15 mois. »

Nous admettons avec la Commission qu'il n'y aurait pas à prévoir de dépenses supplémentaires pour ce moyen de rafraîchissement, en quelque sorte gratuit. Cependant, pour ces grands travaux où un capital considérable est engagé, le temps est non seulement de l'argent, mais de l'or. A ce point de vue, le retard de 15 mois qui résulterait de la suspension de tous les travaux autres que les deux galeries d'attaque, ne nous paraît guère justifié par le résultat obtenu, d'autant moins que la température de l'air monterait, d'après les calculs des experts, à celle de la roche à 250 m en arrière des fronts de taille. On peut conclure que le rafraî-

(1) Rapports trimestriels au Conseil fédéral suisse sur la marche des travaux de percement du Saint-Gothard.

(2) Stockalper, *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine*.

*chissement obtenu par l'air comprimé seul suffirait, avec la force hydraulique dont on dispose, pour mener à bonne fin le percement du Simplon; mais que ce moyen ne doit être appliqué exclusivement que s'il n'en existe pas d'autres plus économiques, soit plus efficaces à dépense égale de force et d'argent.*

Nous verrons bientôt que ces moyens existent; car lors même qu'ils n'ont pas été appliqués au percement des tunnels des Alpes, ils ont donné assez de preuves de leur efficacité dans les travaux de mines pour qu'il soit permis d'en espérer un secours puissant dans les conditions qui nous intéressent.

Mais avant d'aborder l'étude de ces autres moyens, n'oublions pas le rôle important que devra remplir l'air comprimé dans le percement du Simplon. Il convient, comme M. de Stockalper l'a recommandé dans l'ouvrage cité, d'en faire l'application la plus large à la perforation mécanique et de l'étendre non seulement aux deux galeries, qui devraient se suivre de très près et marcher très rapidement toutes deux, mais encore aux travaux d'élargissement, comme l'entrepreneur Favre l'avait tenté au Gothard et l'eût réalisé d'une manière plus complète si le manque de force motrice ne l'avait arrêté.

La traction par chevaux ou par locomotives ordinaires devant être absolument prohibée, l'air comprimé pourra encore servir au transport des déblais, soit en alimentant des locomotives spéciales comme au Gothard, soit en agissant par le moyen d'un tube propulseur tel que M. Gonin, ingénieur en chef du canton de Vaud, l'a imaginé. Ici il y aura lieu cependant de faire une étude comparative sérieuse entre la traction à air comprimé et un chemin de fer électrique, qui se combinerait mieux avec l'établissement très recommandable de l'éclairage électrique. Nous ne pouvons entrer dans les détails de ces questions d'opportunité. Mais toujours faudra-t-il réserver une grande partie de la force motrice disponible aux compresseurs à air afin de pouvoir alimenter le plus grand nombre de chantiers possible de ce précieux fluide. Il serait très désirable en particulier qu'on parvînt à l'utiliser à l'élévation des moellons dans les chantiers de maçonnerie et au chargement des déblais dans les wagons, au moyen de petites grues, de monte-charges, tabliers mobiles ou autres appareils imaginés et construits dans ce but spécial.

Pendant l'enlèvement des déblais, qui se fait forcément dans les conditions de température les plus difficiles et au milieu des fumées et des gaz produits par l'explosion de la dynamite, l'ouverture des robinets de la conduite restera probablement indispensable.

Ce sera toujours le moyen le plus simple, et le plus énergique en même temps, de concentrer l'abaissement de température et du degré d'humidité sur le front d'attaque qui en a le plus besoin. Pour chasser plus rapidement les gaz qui proviennent du tirage des mines, il conviendrait toutefois de faire agir une partie de l'air à haute pression sur un injecteur Kœrting. On sait que cet appareil, qui offre quelque analogie avec l'injecteur Giffard, et dont le principe a été découvert et appliqué sous une forme plus simple par M. Piarron de Mondésir (dès 1867), conduit au front de taille non seulement le fluide fourni par le compresseur, mais une quantité considérable de l'air ambiant, par entraînement.

Aux mines de Nœux un Kœrting entraînait 200 l pour 1 d'air comprimé à 3 atmosphères (1). On purifie ainsi très rapidement l'atmosphère du chantier après le tirage, ce qui évite aux ouvriers les maux de tête occasionnés par les vapeurs nitreuses. Ces appareils sont aujourd'hui très répandus dans les mines.

*Au point de vue hygiénique, autant qu'au point de vue de la rapidité de l'avancement, on aura tout intérêt à multiplier les points où l'air comprimé peut joindre son action rafraîchissante à son effet dynamique, et épargner à l'homme des efforts trop pénibles. Mais il n'y a pas d'intérêt à aller au delà des besoins réels et bien combinés de ces travaux, et il importe plutôt de prévoir d'emblée d'autres moyens de ventilation et de réfrigération plus économiques, soit plus énergiques à dépense égale. On enlèvera par là aux ouvriers la tentation de se servir d'air eux-mêmes en brisant la conduite (comme ils le faisaient trop souvent au Gothard), et de paralyser ainsi du même coup le nerf de l'avancement et le nerf de la ventilation.*

## II. RAFRAICHISSEMENT PAR LA VENTILATION A PRESSION NORMALE

Au Mont-Cenis, où l'air comprimé était encore à ses débuts, on avait songé, en premier lieu, aux ventilateurs aspirants employés depuis longtemps dans les mines: M. Devillez, aujourd'hui directeur de l'École des mines de Mons, avait conseillé (2) ce mode d'aérage dès les premières années du percement du Mont-Cenis, et il proposait d'utiliser l'aqueduc pour le retour de l'air vicié (ce conduit, destiné à l'écoulement des eaux, avait une section carrée et 1 m de côté).

(1) Comptes rendus mensuels de la Soc. de l'Ind. Minérale de 1876, page 34.

(2) Devillez, *des Travaux de percement du tunnel sous les Alpes*. Liège et Paris, 1863.



Des aspirateurs à cloches, — système un peu suranné, — ont été installés dans ce but à l'entrée nord, et un ventilateur à force centrifuge, de construction plus moderne, à l'entrée sud. Mais l'aqueduc s'étant trouvé, par la suite, tantôt rempli entièrement d'eau, plus souvent encore en retard sur les autres travaux d'excavation, son utilisation comme retour d'air fut bientôt reconnue impossible. Dès lors la séparation entre l'air pur entrant et l'air vicié sortant, qui parut trop difficile à établir autrement, n'existait plus, et les aspirateurs cessaient d'être d'un secours réel. L'air comprimé, dont l'action rafraichissante dépassa les espérances, vint combler heureusement la lacune. Cependant les derniers mois qui précéderent le percement furent assez pénibles pour les ouvriers occupés au front d'attaque, et plus encore pour ceux des chantiers supérieurs.

Au Gothard, un système d'aspiration par cloches et conduite en tôle de 1 m de diamètre, prolongée à travers tout le souterrain, avait été préparé de longue main par l'entreprise et lui était d'ailleurs imposé par l'ingénieur en chef de la Compagnie. Mais au moment où le besoin d'un supplément d'aérage commençait à se faire sentir, la crainte de l'encombrement qui devait résulter de la présence de tuyaux de cette dimension dans la galerie d'avancement, et surtout l'insuffisance de la force motrice, fit renoncer à cette mesure, d'un commun accord avec l'ingénieur en chef de la Compagnie. Dans ces conditions difficiles, en effet, toute la force hydraulique disponible devait être concentrée sur le chantier d'avancement, soit appliquée à la production de l'air à haute pression, et en l'absence de tout autre moyen d'aérage, il valait mieux, comme le fit l'entreprise Favre, placer autant que possible tous les chantiers sur le passage de l'air pur fourni par les perforatrices.

A l'Arlberg, la force hydraulique disponible du côté Est était plus que suffisante pour les besoins de la perforation mécanique. Du côté ouest, où la force motrice (surtout le volume d'eau) était beaucoup moins abondante, on sut l'économiser par le choix, très heureux, dans ces conditions, de la perforation Brandt qui venait de travailler pour la première fois avec un plein succès dans un tunnel de la ligne d'accès nord du Gothard. Mais il fallait songer pour l'attaque du côté ouest à un mode d'aérage indépendant du

système de perforation (1). Et pour assurer aux ouvriers de l'avancement le plus grand volume d'air possible, on préféra ne donner à cet air que la pression strictement nécessaire pour vaincre la résistance due au frottement dans les conduites. On obtint ce résultat au moyen d'une batterie de six ventilateurs soufflants à force centrifuge, d'un type qui se rapproche plutôt du ventilateur de forge que des appareils d'un usage courant dans les houillères. La pression produite par chacun de ces ventilateurs est de 600 mm d'eau, pression élevée, quadruple de la pression ou dépression maximale qu'on emploie dans les mines. Ces appareils, très bien construits par MM. Sulzer, de Winterthur, avaient 2,50 m de diamètre et faisaient 1500 tours par minute.

Ils étaient mus, par groupe de deux, par des turbines Girard, de la force de 50 chevaux, marchant à 100 tours. On avait d'ailleurs accouplé les ventilateurs de façon que l'air aspiré par le premier était reçu par le second, puis passait du second dans le troisième, et ainsi jusqu'au dernier qui l'envoyait dans la conduite avec la pression convenable (1).

Cette pression finale, au sortir du sixième appareil, était de 6.0,60 m = 3,60 m, ou à très peu près, vérifiant ainsi la théorie connue des ventilateurs centrifuges placés en cascade dont les pressions doivent s'additionner.

La conduite d'air avait 0,50 m de diamètre pour les premiers 1 420 m et 0,30 m au-delà. Mais plus tard on fut obligé, pour avoir raison de la résistance croissante, de prolonger la conduite de 0,50 m jusqu'au front d'attaque. Au moment où ce dernier atteignait le quatrième kilomètre, la résistance dans les conduites ne dépassait pas 3,5 m, soit un tiers d'atmosphère (1). Mais pendant la dernière période des travaux, elle paraît avoir dépassé ce chiffre notablement. On se décida alors à ajouter quatre nouveaux ventilateurs aux six employés jusqu'à ce moment, et l'administration obligea les entrepreneurs, MM. Lapp frères, malgré leur résistance (qu'ils furent plus tard les premiers à regretter), à prolonger la conduite de 0,50 m jusqu'à l'avancement (2).

Ainsi on parvint à envoyer au front de taille par seconde, un volume d'air pur qui a varié

(1) Mémoire précité de M. Revaux, *Annales des Mines*, (septembre-octobre 1884).

(2) Articles de M. Hirzel, ingénieur, *Revue Polytechnique suisse* des 4 et 11 juin 1887. Les chiffres ci-dessus sont les résultats des jaugeages régulièrement effectués par les ingénieurs de l'Arlberg.

(1) Du côté est, où l'on comptait sur l'action auxiliaire de l'air comprimé, l'air pour la ventilation était fourni par quatre machines soufflantes à piston, et la conduite avait 40 cm de diamètre.

entre 3 et 5,6 m<sup>3</sup>, soit 4 m<sup>3</sup> en moyenne. La résistance à vaincre par les dix ventilateurs a dû s'élever vers la fin à 0.5 atmosphère et même au-delà, et le travail absorbé par la ventilation séparée, à près de 300 chevaux.

On ne saurait trop féliciter les ingénieurs de l'Arlberg d'avoir appliqué à leur tunnel le système de ventilation le plus pratique et le plus avantageux dans ces conditions particulières, et d'avoir démontré une fois de plus combien la santé et le rendement normal de l'ouvrier mineur dépendent de la quantité d'air pur qu'on lui fournit. Mais si l'on tient à établir une comparaison équitable entre les conditions hygiéniques de l'Arlberg et celles du Gothard, il importe de se rappeler la différence de 10° entre le maximum de température de la roche observé au Gothard (près de 32° C.) et le maximum rencontré à l'Arlberg (22°), différence qui change les conditions du tout au tout.

Enfin, il est facile de démontrer par le calcul que le système de ventilation de l'Arlberg eût été insuffisant et déplacé au Gothard, et qu'il devient tout à fait inapplicable lorsqu'il s'agit non seulement de fournir aux ouvriers une quantité d'air respirable (de 3 à 5 m<sup>3</sup>) suffisante à la température ordinaire, mais encore de produire un abaissement de température de 10° C., tel que les experts le jugent nécessaire au futur tunnel du Simplon. Pour obtenir ce résultat sûrement, la Commission conseille de donner au courant d'air une vitesse de 4 m dans la galerie d'avancement de base, soit de faire circuler environ 28 m<sup>3</sup> d'air par seconde. Or, d'après nos calculs, il faudrait pour assurer ce débit, 800 ventilateurs pareils à ceux qui ont fonctionné à l'Arlberg, et un travail brut de 300 000 chevaux. En d'autres termes le problème devient inabordable si l'on donne aux conduites, comme à l'Arlberg, un diamètre de 0,50 m. Si l'on adoptait un diamètre de 1 m — dimension déjà très encombrante (1) pour la galerie d'avancement — le problème pourrait être résolu par 25 ventilateurs pareils à ceux de l'Arlberg; mais le travail effectif absorbé par cette ventilation séparée serait encore de près de 10 000 chevaux, soit plus du double de la force brute disponible pendant les basses eaux.

Nous ne pouvons donner ici le détail de

nos calculs (1). Mais ces chiffres, qui peuvent surprendre au premier abord, n'étonneront pas les ingénieurs familiarisés avec les lois de l'aérage des mines. On sait, en effet, que la pression (ou dépression) à créer par la ventilation mécanique pour vaincre la résistance due au frottement de l'air dans les conduites (tuyaux ou galeries), est proportionnelle à la surface de contact, soit à la longueur de la conduite et au périmètre de sa section transversale. D'autre part, pour un débit par seconde demandé, la pression, ou dépression, devra être proportionnelle au carré de ce débit et en raison inverse du cube de la section du conduit.

Quant au travail théorique de ventilation, il est mesuré par le produit du débit (par seconde) demandé, par la pression (ou dépression, suivant que le ventilateur est soufflant ou aspirant). Cette pression doit être donnée en millimètres d'eau ou en kilogrammes par mètre carré, pour avoir le travail en kilogrammètres. Ce travail sera donc proportionnel au cube du débit et en raison inverse du cube de la section (2).

On conçoit dès lors qu'on doit rencontrer une limite pratique et économique qu'il est impossible de dépasser lorsqu'il s'agit d'envoyer à de grandes distances, et à travers des conduites de dimensions limitées, un volume d'air considérable. A l'Arlberg, où 3 à 5 m<sup>3</sup> d'air par seconde suffisaient largement au but proposé, cette limite n'a pas été atteinte. Au Simplon, qui aurait besoin de 25 à 30 m<sup>3</sup> par seconde pour le rafraîchissement complet qu'on vise, cette limite serait dépassée de beaucoup.

Dans ces conditions, il vaudrait donc mieux revenir à la solution proposée éventuellement par les experts et mentionnée à la fin du paragraphe précédent, solution qui consiste à envoyer au front de taille, par minute, 15 m<sup>3</sup> à 5 atmosphères ou 10 m<sup>3</sup> à 8 atmosphères et à concentrer ainsi sur l'avancement l'abaissement de température qu'il s'agit d'obtenir. Dans ce cas, en effet, 2 000 chevaux suffiraient, comme nous avons vu, et serviraient en même temps à la perforation. L'économie en force motrice réalisée ainsi s'explique par cette concentration de l'action réfrigérante sur le point le plus important, et par le fait que la résistance due au frotte-

(1) Si, à l'Arlberg, on avait donné aux conduites 1 m de diamètre, au lieu de 0,50 m, on aurait pu envoyer au front d'attaque 7 m<sup>3</sup> d'air par seconde au moyen d'un seul ventilateur Sulzer. Si les ingénieurs autrichiens ont renoncé à cette solution avantageuse, c'est évidemment parce que cette dimension leur parut trop encombrante.

(1) Nous tenons ces calculs (comme ceux sur lesquels sont basés les chiffres qu'on lira plus loin, relatifs à un autre système de ventilation), à la disposition des personnes qu'ils pourraient intéresser.

(2) Pour plus de détails, voir le second volume du *Cours d'Exploitation des Mines* de M. Haton de la Goupillière.

ment de l'air dans les tuyaux est la même, que cet air soit à la simple pression atmosphérique ou comprimé à plusieurs atmosphères (1). C'est là un des grands avantages de l'emploi des hautes pressions, qu'il ne faut point oublier.

Mais il y a moyen de faire mieux avec les belles forces motrices disponibles aux abords du Simplon, soit de combiner ce rafraîchissement local concentré, dû à la détente de l'air des perforatrices, avec les bienfaits d'une ventilation générale et abondante à pression normale qui quadruplera, au besoin, cet abaissement de température local et le maintiendra d'une manière continue à travers tout le souterrain. Ce sera aussi le moyen le plus sûr de combattre l'humidité qui accompagne les hautes températures et les rend doublement pernicieuses pour le personnel ouvrier.

Afin que cette ventilation soit assez abondante pour atteindre le but proposé, et en même temps économique, il faudra augmenter autant que possible la section des conduites, c'est-à-dire utiliser à cet effet les galeries d'attaque elles-mêmes, au lieu d'y introduire des tuyaux d'aérage impuissants et encombrants.

Le système d'attaque « par galerie de base », comme en l'appelle ordinairement, tel du moins qu'il a été appliqué à l'Arberg et au tunnel de Laveno et adopté avec raison dans le projet du Simplon (2), se prête très bien à une organisation de l'aérage semblable à celle des grandes exploitations houillères. La galerie de base qui joue le premier rôle dans ce système, comme galerie principale d'attaque et comme voie de roulage, servira à l'entrée de l'air pur, et la galerie de faite qui devra la suivre de très près servira à évacuer l'air échauffé et vicié qui y parviendra par la cheminée la plus avancée pratiquée entre les deux galeries d'attaque. (Les autres

cheminées doivent être barrées au fur et à mesure de l'avancement).

Mais pour assurer la séparation parfaite entre l'air frais et pur entrant et l'air échauffé et vicié qui doit être évacué, — condition essentielle de tout système de ventilation à grande échelle — la partie achevée du tunnel devra être munie d'une séparation artificielle. L'air chaud tendant à s'élever, le mieux serait de pouvoir appliquer un diaphragme horizontal, de manière à placer le retour d'air, ménagé artificiellement, en prolongement direct de la galerie d'attaque de faite, qui sert de retour d'air naturel. Mais cette disposition rencontrerait des difficultés pratiques qui la feront probablement rejeter. Un tube en tôle de 5 m<sup>2</sup> de section (soit 2,60 m de diamètre) posé sur le sol de la galerie, en son milieu ou sur un des côtés, de manière à laisser la place pour deux voies ferrées de 1 m de largeur et un passage pour les hommes, telle serait peut-être la solution la plus avantageuse et la moins gênante. Le tube offrirait, grâce à sa section circulaire, le minimum de résistance par frottement. Il importe aussi de lui donner le maximum de diamètre qui soit compatible avec les exigences des autres services, du transport des matériaux et déblais en particulier. De même qu'à l'Arberg, il y aura avantage à employer des wagonnets étroits et bas qui puissent pénétrer jusqu'au front de taille et qui facilitent le chargement au chantier. Leur transport s'effectuera sans doute par le moyen de l'air comprimé ou de l'électricité, offrant toute la rapidité désirable à ce service important et évitant l'encombrement de la partie achevée du tunnel. Ainsi il sera possible de donner au tube (ou compartiment) de retour d'air une section suffisante dont dépendra en très grande partie l'activité de la ventilation pour une même installation et une même dépense de travail mécanique. C'est pourquoi nous avons admis dans notre évaluation de cette dépense et de la dépression à créer, une section circulaire de 5 m<sup>2</sup> qui nous paraît à la fois possible et raisonnable. Nous avons aussi pris pour base de nos calculs le projet de 1886 adopté en dernier lieu, soit le tunnel de 16 km. D'après les géologues consultés, ce tracé ne rencontrera les températures supérieures à 30° que sur les 4 km de la partie centrale, soit sur les 2 derniers kilomètres à percer de chaque côté. Mais sur 2 km de cette partie centrale, les mêmes géologues prévoient des maxima de 38 à 40°.

Dans ces conditions géothermiques, on préférera probablement ne faire suivre l'achèvement complet des 4 km centraux qu'après la rencontre des galeries d'attaque. On pourra toutefois faire suivre de près l'élargis-

(1) Cette loi a été établie dès 1852 par les expériences fondamentales de M. Colladon, et confirmée par les expériences de M. Deville au Mont-Cenis, en 1863, et celles de M. Stockalper au Gothard, en 1878, portant sur plus de 5 000 m de parcours et 3 à 5,4 atmosphères de pression. Ces expériences ont montré qu'on peut appliquer pour évaluer la résistance de frottement de l'air comprimé, des coefficients plutôt plus faibles que pour l'air à pression ordinaire.

(2) Au tunnel de Laveno les deux galeries indépendantes ont été poussées rapidement à l'air comprimé, ce qu'il conviendra d'imiter au Simplon. Dès lors cette méthode anglaise perfectionnée mériterait plutôt le nom de « système d'attaque par galeries conjuguées ». Le transport des déblais se fera toujours par la galerie de base, en utilisant les cheminées d'aérage.

sement complet de la calotte et un élargissement partiel de la galerie de base (sile terrain comme c'est probable, est solide). C'est sur cette hypothèse que nous avons établi nos calculs. Mais le résultat ne différerait pas beaucoup, si tous les travaux suivaient de près l'avancement, ce qui n'est point inadmissible. Cela nous paraît même tout indiqué pour le cas où l'on reviendrait au projet de 1882. Contrairement à l'opinion exprimée sur ce point par M. de Stockalper, nous croyons qu'on aurait tout à gagner, en agissant ainsi, sous le rapport des conditions thermiques autant qu'au point de vue économique. La ventilation deviendra plus énergique ou plus facile et la maçonnerie remplira le rôle d'isolateur contre la chaleur interne. Pour le tunnel de 16 km, la question a peu d'importance et sera primée par d'autres considérations. Mais pour le tunnel de 20 km, où les températures supérieures à 30° sont prévues sur 11 km, nous croyons qu'il ne peut y avoir d'hésitation, et que tous les travaux doivent suivre d'aussi près que possible. Il pourra en résulter quelques interruptions momentanées du courant ventilateur; mais avec un système d'attaque bien combiné, il sera possible de rendre ces arrêts très rares et très courts. La difficulté la plus sérieuse à ce point de vue sera le passage du retour d'air naturel (par la galerie de faite) au retour l'air ménagé artificiellement dans la partie achevée, le tube ou compartiment devant être prolongé au fur et à mesure de l'avancement. On pourrait compenser ces interruptions momentanées de la ventilation dues au raccordement périodique, au moyen d'un petit ventilateur à bras (ou mieux mécanique, à transmission électrique). Ce petit appareil de 50 à 60 cm de diamètre, peu coûteux et peu encombrant, renforcerait le seul point faible du circuit d'aérage et déchargerait les ventilateurs placés à l'entrée du tunnel d'une partie de leur travail. D'après nos calculs on pourrait faire circuler, au moment le plus difficile qui précède la rencontre des galeries d'attaque, 25 m<sup>3</sup> d'air par seconde en créant une dépression totale de 188 mm de colonne d'eau, ou de kilogrammes par mètre carré. Cette dépression pourrait être obtenue facilement au moyen de deux ventilateurs tels qu'ils sont employés couramment dans les houillères.

Pour faire circuler 30 m<sup>3</sup> par seconde, ce qui correspond à la vitesse de 4 m indiquée comme maximum par les experts, pour la galerie d'avancement de base, il suffirait d'élever la dépression à 270 mm d'eau, réalisable par l'action combinée de trois ventilateurs.

On obtiendrait une circulation de 35 m<sup>3</sup> par seconde, soit une vitesse de 5 m pour le

courant, en faisant marcher 4 ventilateurs qui produiraient une dépression de 370 mm d'eau. Enfin un volume d'air de 42 m<sup>3</sup> par seconde, ou un courant de 6 m, serait fourni par 6 ventilateurs créant entre eux une dépression totale de 530 mm d'eau. Le travail théorique absorbé par cette circulation de 42 m<sup>3</sup> ne dépasserait pas 300 chevaux, le travail brut à demander à trois ou quatre turbines ne dépasserait guère 500 chevaux. Si l'on se contente de 30 m<sup>3</sup> par seconde, le travail théorique ne sera que de 108 chevaux, le travail brut absorbé de 180 chevaux.

Ces volumes d'air seraient obtenus encore au moment qui précède immédiatement la rencontre des galeries d'attaque, et représenteraient par conséquent des minima au-dessous desquels on ne risque pas de tomber pendant toute la durée du percement. Il importe d'ailleurs que la ventilation soit toujours en avance sur la chaleur interne et prépare la victoire d'avance, de même que l'artillerie de l'armée assiégeante doit s'efforcer à dominer et à réduire au silence le feude la place assiégée, avant de tenter l'assaut décisif. Nos chiffres, qui ne sauraient prétendre à une exactitude absolue, doivent pécher plutôt par excès de prudence. Ils montrent du moins combien le mode de ventilation à pression normale est avantageux au point de vue de l'emploi de la force motrice disponible, et quel parti on pourra en tirer. Il serait difficile de déterminer exactement l'abaissement de température qui correspond à la circulation d'un volume d'air fixé d'avance. Mais la Commission d'experts est dans le vrai en insistant tout particulièrement sur ce moyen éprouvé d'assainissement et de rafraîchissement.

On sait en effet que dans les mines d'argent du Comstock, des températures de plus de 40 et 50° sont vaincues par le seul moyen de ventilateurs aspirants. D'autre part, le rafraîchissement considérable constaté immédiatement après l'achèvement du tunnel du Gothard, est une preuve plus directe encore de l'efficacité de la simple circulation d'un grand volume d'air dans un long tunnel. En effet, dans la partie centrale de ce tunnel, entre les profils 7 300 nord et 6 300 sud, la température de l'air était le 8 juillet 1881, ainsi seize mois après la rencontre des galeries d'attaque, encore de 30°,4, soit à peine un degré au-dessous de la température initiale de la roche. A mesure que les travaux d'achèvement touchent à leur fin, l'abaissement de température s'accroît. Le 24 août 1881, la température n'est plus que de 28°,9; le 3 septembre suivant, de 27°,4; et le 1<sup>er</sup> novembre, après l'enlèvement de tous les boisages et l'achèvement complet, de 20°,5, la



même température qu'en avril et mai 1882 (1).

Ainsi, du 3 septembre au 1<sup>er</sup> novembre, en deux mois, un abaissement de 7°, dû à un courant d'air naturel et peu régulier, qui devait être de 1,20 m en moyenne, ce qui correspond à une circulation d'environ 50 m<sup>3</sup> par seconde dans le tunnel achevé. Ce résultat, qui a suivi de si près la période la plus pénible du percement du Gothard, paraît la meilleure garantie du succès d'une ventilation abondante organisée d'avance et continuée régulièrement pendant toute la période difficile du percement.

Quant au type de ventilateur à choisir, il y a quelque temps encore, nous aurions recommandé de préférence le ventilateur Guibal (le plus répandu dans les mines de tous pays) à grand diamètre, de 9 m et au-delà, car le rendement manométrique de ces grands appareils est en général bien supérieur à celui des petits ventilateurs tournant à grande vitesse. Mais l'installation de ces grands aspirateurs, qui effraie souvent même les directeurs des exploitations houillères, eût sans doute répugné *a fortiori* à une entreprise de tunnel dont l'activité n'embrasse qu'un petit nombre d'années.

Heureusement, le ventilateur Ser de 2 m de diamètre, dont l'application récente aux mines d'Anzin a produit des résultats si remarquables (2), vient à point pour combler cette lacune. Cet appareil, construit par MM. Geneste, Herscher et C<sup>ie</sup>, d'après la théorie nouvelle (3) de M. Ser, professeur à l'Ecole centrale, donne un rendement manométrique de 0,93, supérieur même à celui des grands ventilateurs Guibal, lequel ne dépasse guère 0,70. Et nous avons basé nos calculs approximatifs sur l'adoption de ce type qui nous paraît aujourd'hui le plus parfait, et en particulier le plus avantageux à adopter pour le percement du Simplon.

L'appareil est entièrement en tôle, facilement démontable et transportable.

(1) Ces chiffres et ces dates sont donnés par M. le d<sup>r</sup> Stapff, ingénieur-géologue de la Compagnie du Gothard, dans son dernier rapport à la Compagnie. Immédiatement après la rencontre des galeries d'attaque, M. Stapff avait constaté une circulation de 12 m<sup>3</sup>, en moyenne, qui ne produisit que 0,5° d'abaissement de température, mais qui améliora les conditions hygiéniques.

(2) D'après les résultats des expériences de M. l'ingénieur François, communiqués à la Société de l'Industrie minière, le ventilateur Ser de 2 m installé à Anzin produit une dépression de 92 à 95 mm d'eau et fait circuler 25 m<sup>3</sup> d'air par seconde.

(3) M. le professeur Ser a exposé lui-même cette théorie dans un mémoire présenté à la Société des Ingénieurs civils en 1878.

Avec quatre (au besoin six) de ces ventilateurs Ser de 2 m (1), on pourra produire dans la galerie d'attaque de base un courant de 5 m (au besoin de 6 m) de vitesse lorsque l'avancement sera arrivé à 8 km de chaque entrée. Un courant plus violent deviendrait insupportable pendant le travail. Et cette ventilation énergique n'absorbera jamais plus de 4 à 500 chevaux bruts.

Le seul désavantage que ce mode de ventilation présente, en apparence du moins, sur celui de l'Arlberg, c'est que l'air semble arriver ainsi moins frais et moins directement au front de taille. Mais il est facile de remédier à cet inconvénient si l'aérage par diffusion ne paraît plus suffire dans ces conditions : on peut d'abord, au moyen d'une cloison, forcer l'air d'aller jusqu'à l'avancement, ou tout près du front d'attaque, avant de revenir et de pénétrer dans la cheminée qui l'attire vers l'étage supérieur. Une disposition semblable pourrait être appliquée à la galerie en calotte, où la température sera plus élevée. Un autre moyen d'atteindre le même but consisterait à aspirer l'air, relativement pur et frais, dans la galerie de base à 10 et 20 m en arrière de la cheminée la plus avancée, au moyen d'un petit ventilateur qui refoulerait cet air dans un tuyau de 40 à 50 cm prolongé jusqu'au front de taille. On pourrait donner à ce petit appareil (de 50 cm de diamètre tout au plus) une très grande vitesse en lui transmettant le mouvement par l'électricité. Par ce moyen, et une force supplémentaire de 4 à 5 chevaux tout au plus, on pourrait améliorer dans une large mesure les conditions hygiéniques et thermiques des deux chantiers d'avancement, sans nuire au système de ventilation générale. On pourrait enfin agir sur la température de l'air envoyé ainsi au front d'attaque, en le faisant passer par un mélange réfrigérant. Mais cette disposition rentre dans le quatrième mode de rafraîchissement que nous examinerons bientôt.

La ventilation à pression normale, assurée par un diaphragme dans la partie achevée du tunnel, avait été recommandée déjà dans le projet de 1882 de M. Meyer, et cette idée avait été appuyée vivement par le regretté M. Bridel, ingénieur en chef du Gothard. Il s'agissait alors du tunnel de 20 km, où les températures supérieures à 30° règnent sur 11 km, mais pour lequel le maximum prévu

(1) Deux de ces ventilateurs Ser, conservés d'un seul côté, suffiront plus tard largement à l'aérage du tunnel achevé, et pendant la période de transition qui s'écoule entre la rencontre des galeries d'attaque et l'achèvement complet des travaux.

serait de 35 à 37°, d'après le rapport des experts géologues (1). La différence entre ce maximum et celui de 38 à 40° prévu pour le tunnel de 16 km compense, et même au delà, l'augmentation de parcours du courant ventilateur pendant la dernière période. Nos chiffres, calculés pour le tunnel de 16 km, peuvent donc s'appliquer à celui de 20 km, c'est-à-dire que le même nombre de ventilateurs et la même dépense de travail suffiront à ce dernier, avec cette différence que la ventilation devra être installée plus tôt et fonctionner plus longtemps, ce qui augmentera peu la dépense totale.

M. de Stockalper, dans sa belle étude sur les *grands tunnels alpins* (souvent citée ici) regardait aussi la ventilation à pression normale comme le vrai moyen de triompher des hautes températures dans les grands tunnels de l'avenir. Seulement cet ingénieur, si compétent dans toutes les autres questions qu'il traite dans son mémoire, nous paraît attendre trop d'un système d'aérage naturel au moyen de puits ou de galeries inclinées, et pas assez de la ventilation mécanique dont les progrès, réalisés pendant ces dernières années, sont si considérables. Les savants chargés de l'exploration géologique du massif du Simplon avaient aussi recommandé, lorsqu'il s'agissait du tunnel de 20 km, le fonçage de deux puits, dont l'un aurait 680 m et l'autre même 1 000 m de profondeur, et qui réduiraient la longueur de la section centrale du tunnel à 9 km. Nous n'avons jamais pu nous rallier à l'idée d'un puits de 1 000 m, qui serait toujours arrivé trop tard pour faciliter le percement du tunnel et dont la dépense, sans doute très élevée, eût été ainsi faite en pure perte. En revanche, nous avons cru devoir recommander en 1883, dans notre mémoire précité, le puits de 680 m comme auxiliaire naturel de la ventilation mécanique à laquelle nous assignions le premier rôle. Nous ne voulions pas faire « opposition quand même » à une idée qui pouvait procurer un bienfait réel au personnel ouvrier du grand travail projeté.

Aujourd'hui nous conseillerions, même pour le cas où l'on reviendrait au projet de 1882, de renoncer à ce puits dont le fonçage, même au diamant (2), ne pourrait probable-

ment pas tenir tête aux progrès récents de la perforation mécanique dans le sens horizontal. Avec une ventilation mécanique bien établie et bien surveillée (afin d'éviter autant que possible les interruptions d'aérage et les pertes de charge accidentelles), l'idée des puits auxiliaires du percement des longs tunnels alpins nous paraît devoir être définitivement abandonnée. Les puits de grande profondeur seraient inexécutables en temps utile, et les autres d'un secours insignifiant. D'ailleurs, le tracé de 1886 se prête encore moins que celui de 1882 au fonçage de puits auxiliaires.

Avec la commission d'experts nous pensons que la ventilation obtenue au moyen de quatre (au besoin même six) aspirateurs centrifuges ne coûtera pas — y compris le diaphragme ou tube de retour d'air — plus de 500 000 fr de chaque côté, et qu'elle produira à elle seule, au besoin, l'abaissement de température et du degré d'humidité jugé nécessaire dans la section centrale. Nous admettons aussi, avec les experts, qu'elle suffirait encore à vaincre des températures de la roche de 40° et même supérieures, si l'on ne travaillait dans ce dernier cas qu'un jour sur deux et si l'on utilisait les intervalles à une pleine ventilation, débarrassée de tous les obstacles.

La Commission estime que, pour le tunnel de 16 km, le retard qui résulterait de ces interruptions de travail ne dépasserait guère sept mois en tout.

Nous applaudissons sincèrement à l'idée de la Commission de recommander un repos hebdomadaire, et de préférence le dimanche, repos qui serait doublement nécessaire à des ouvriers occupés à un travail de ce genre. En utilisant ces arrêts, comme le proposent les experts, à une ventilation énergique, l'abaissement de température et du degré d'humidité répandrait son action bienfaisante sur toute la semaine suivante et compléterait ainsi le rafraîchissement physique et moral que procure à l'homme l'observation du repos dominical.

D'autre part, nous pensons qu'il existe des moyens réfrigérants assez énergiques pour permettre d'éviter pendant la dernière période du percement les arrêts proposés d'un jour sur deux, et que l'emploi de ces moyens serait probablement moins coûteux que les sacrifices en intérêts à servir et en frais généraux résultant des retards subis dans l'a-

(1) M. le professeur Renevier, après de nouvelles études, croit que le maximum atteindrait 42°. M. le professeur Heim maintient cependant les conclusions de son précédent rapport, et croit que M. Renevier n'a peut-être pas eu assez égard à la température de la surface extérieure des montagnes, et à la conformation du terrain latéralement au profil.

(2) Ce procédé, très répandu pour les sondages de reconnaissance, a été appliqué avec succès à

un (ou deux) puits à grand diamètre dans le bassin anthracifère pennsylvanien; mais cet exemple n'a pas trouvé d'imitateurs à cause de la grande dépense, qui effraie même les Américains.

chèvement du tunnel. C'est le moment de parler de deux procédés conseillés par deux savants éminents, qui permettraient de travailler d'une manière continue, lors même que la température de la roche atteindrait 40°.

### III. — RAFFRAICHISSEMENT PAR L'EAU PULVÉRISÉE

Le savant auquel on doit l'idée si féconde et la base scientifique de l'application de l'air comprimé au percement des grands tunnels, M. Daniel Colladon, a aussi le premier songé à l'emploi de l'eau à la pression de plusieurs atmosphères pour le rafraîchissement des chantiers souterrains. Il a exposé lui-même comment il a été conduit à cette idée, au Congrès international d'hygiène (1), réuni à Genève, du 4 au 9 septembre 1882 :

« Dès 1871, lorsque je m'occupais de faire établir des compresseurs d'air à très grande vitesse et à refroidissement instantané pendant l'acte de la compression, j'avais reconnu la puissance des effets obtenus par l'emploi d'un faible volume d'eau pulvérisée, injectée à l'intérieur des cylindres compresseurs. Ce système, auquel on a donné mon nom et qui est assez généralement adopté, devait me conduire à l'idée et à l'essai d'un remède analogue pour rafraîchir et assainir l'atmosphère des tunnels projetés, pendant la construction desquels la température est supposée pouvoir atteindre plus de 30 degrés, dans les cas surtout où l'on aurait à craindre des sources thermales ou des infiltrations excessives, capables de saturer l'air. Je songai dès la fin de 1879 à la possibilité de lutter contre des incidents analogues ou même plus graves que ceux qui occasionnaient la désorganisation des travaux de M. Louis Favre; quelques expériences partielles faites dans des locaux restreints convenablement préparés me promettaient un résultat avantageux. Je prévoyais, dès lors, qu'en introduisant dans le tunnel par une perforation mécanique verticale de 50 à 100 m seulement, un courant d'eau fraîche ou glacée, dérivée d'un torrent ou d'un ruisseau quelconque, et en prolongeant la conduite qui la contiendrait dans toute la longueur du tunnel, où on pourrait l'accoupler à la conduite générale de l'air comprimé, on aurait sous la main un moyen rapide d'assainissement de l'air partout où la nécessité s'en ferait sentir.

« A cette époque, on savait que l'entreprise du tunnel achèverait son travail plusieurs mois avant que la Compagnie eût terminé les voies d'accès. Je ne doutais

pas que dans cet intervalle je ne fusse autorisé par l'entreprise, dont j'étais depuis l'origine l'ingénieur conseil, à faire à mes frais des expériences en grand sur ce procédé dans l'intérieur du tunnel et à quelques centaines de mètres de l'embouchure... Afin de constater en attendant la priorité de l'idée, j'ai adressé, en date du 24 avril 1880, au secrétariat de l'Académie des sciences de Paris, un pli cacheté, sous mon nom, à conserver dans les archives de l'Institut. Ce pli contenait l'exposé de la méthode d'assainissement (1) que je conseille d'adopter toutes les fois qu'on a lieu de craindre une atmosphère rendue malsaine par la température excessive ou par l'absolue saturation de l'air. « De mai 1880 à décembre 1882, l'hostilité flagrante de la Compagnie contre les représentants de l'illustre Louis Favre, martyr de son courage et des fausses données fournies par l'ingénieur en chef à l'origine du contrat, a rendu impossible la réalisation en grand de mes expériences projetées. Dès lors, je me décidai à prier le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences d'ouvrir mon pli cacheté et de m'en transmettre une copie certifiée. »

M. Colladon a reçu en réponse, le 10 mai suivant, cette copie (1) accompagnée d'une lettre de M. Dumas, secrétaire perpétuel de l'Académie.

Un incident survenu en 1881 pendant le percement de l'Arlberg est venu donner fort à propos une preuve frappante et irrécusable de la puissance d'effet de la méthode décrite dans cette lettre de M. Colladon, du 24 avril 1880. On sait que le perforateur Brandt, utilisé à l'attaque ouest du tunnel de l'Arlberg, est mû par l'eau soumise à une pression d'environ 80 atmosphères. On comprend que, sous cette énorme pression, il est difficile d'avoir des joints parfaitement étanches. Dans le courant des travaux, un tube fêlé, ou le dérangement d'un joint, avait occasionné l'échappement subit d'un jet d'eau finement pulvérisé, et les témoins de cet incident furent émerveillés de l'effet produit comme refroidissement et épuration des fumées de l'atmosphère de la partie du tunnel où cet incident avait eu lieu. Le professeur Grimberg, dans une conférence à Vienne, a rappelé ce fait intéressant et signalé les applications fort utiles que pouvait avoir l'emploi d'injections d'eau pulvérulente pour nettoyer l'at-

(1) Communication de M. le professeur D. Colladon au quatrième Congrès international d'hygiène et de démographie. Genève, imprimerie Schuchardt, 1883.

(1) Cette lettre de M. Colladon à l'Académie a été lue au Congrès d'hygiène de Genève et se trouve *in extenso* dans la brochure mentionnée, qui contient beaucoup d'autres détails très instructifs et porte le titre : *Les procédés hygiéniques pour les percements des longs tunnels*.

mosphère des tunnels, des gaz et de la fumée qui nuisent à la santé des mineurs.

Cet incident justifiait les conclusions de M. Colladon, fondées sur ses essais dans un local restreint, où l'air était artificiellement chauffé et saturé.

M. Colladon regarde donc l'eau pulvérisée par une pression de 2 à 3 atmosphères comme « un moyen secondaire d'assainissement d'une grande utilité pratique pour les tunnels exposés à de très hautes températures, et pour l'excavation desquels la puissance hydraulique serait jugée insuffisante pour une large ventilation. »

Même là où cette dernière est assurée par une force motrice abondante comme au Simplon, l'emploi de l'eau comprimée peut être recommandé, soit comme remplaçant de l'air comprimé des perforatrices dans le cas où l'on préférerait se servir de la machine Brandt, soit comme auxiliaire de l'air comprimé et de la ventilation générale à partir d'une certaine température de la roche, de 32° à 34° environ, qui exige une action plus énergique et plus concentrée sur le front d'attaque. L'application de l'eau pulvérisée peut alors devenir plus avantageuse que la cloison ou le petit ventilateur que nous proposons dans le paragraphe précédent. Elle économisera et renforcera mieux la ventilation générale et permettra de réduire la consommation d'air comprimé à la quantité nécessaire à la perforation. L'action de l'eau pulvérulente en minces filets étant particulièrement salubre et vivifiante pour l'organisme humain, elle enlèvera aux ouvriers, mieux que tout autre procédé auxiliaire, la tentation de briser la conduite d'air comprimé, comme ils le faisaient constamment au Gothard. L'injection d'eau donne aussi lieu à un entraînement de l'air ambiant beaucoup plus énergique que l'air comprimé après qu'il a servi à la perforation ; les vapeurs nitreuses de la dynamite sont ainsi plus rapidement dissipées.

Quant à l'action refroidissante même de cet agent, des essais faits récemment au puits de l'Eparre, à Saint-Etienne, ont prouvé que 10 l d'eau pulvérisée par minute, avaient abaissé la température de 3° dans une galerie.

La commission d'experts du Simplon, qui avait provoqué cette dernière expérience, sérieusement examiné les avantages et les inconvénients de ce précieux auxiliaire de la ventilation. Elle a d'abord écarté l'objection que le degré d'humidité de l'atmosphère se trouverait encore augmenté par une nouvelle introduction d'eau. Cette dernière est en effet insignifiante, comparée aux infiltrations, même modérées, qui sont inévitables dans les tunnels des Alpes. L'entraînement

de l'air vicié et humide du chantier compensera largement ce petit inconvénient et doit au contraire abaisser, à fin de compte, le degré d'humidité de l'atmosphère du chantier.

Les experts ont calculé que pour obtenir par ce seul moyen l'abaissement de 10° C. jugé nécessaire pour toute l'étendue des galeries d'attaque de base et de faite, il suffirait de pousser la pression de l'eau dans les conduites jusqu'à 10 atmosphères, de donner 0,10 m de diamètre à la conduite et d'envoyer par cette dernière 3,5 l par seconde, soit 200 l par minute. Le travail absorbé ne serait que de 30 chevaux.

« En utilisant directement, dit la Commission, la pression d'une chute d'eau, ce qui est possible, les travaux se réduiraient à l'installation d'une simple conduite, et la dépense totale de chaque côté du tunnel pour la captation, la conduite avec son enveloppe conductrice (à 20 fr le mètre) et les appareils pulvérisateurs, serait de 255 000 fr de chaque côté, pour le tunnel de 20 km. Elle se réduirait à 215 000 fr pour le tunnel de 16 km. »

On pourrait encore, comme M. Colladon le proposait en second lieu dans sa lettre à l'Académie, « employer un réservoir en forme de chaudière cylindrique, porté sur un truc dans le tunnel. Cette chaudière aurait un trou d'homme pour introduire au besoin de la glace. La projection de l'eau s'obtiendrait en mettant l'intérieur de la chaudière sous pression en communication avec un point quelconque de la conduite d'air comprimé ».

Ce procédé, que M. Colladon ne propose d'ailleurs qu'en seconde ligne, peut devenir peut être plus avantageux que la dérivation d'une chute d'eau et son introduction dans le tunnel par un trou de sonde vertical — car on utilise ainsi le travail de compression de l'air indirectement (et mieux qu'en ouvrant simplement le robinet de la conduite d'air), et l'on évite d'autre part les frais d'une conduite d'eau à travers tout le tunnel (1).

En somme, l'injection d'eau pulvérisée, fournie par une installation indépendante ou par l'utilisation indirecte de l'air comprimé, paraît le moyen le plus économique, au point de vue de la force motrice absorbée, pour obtenir l'abaissement de température jugé nécessaire de 10°. Mais son emploi exclusif ne se recommande que là où la force hydrau-

(1) MM. Kœrting frères, de Hanovre, connus depuis longtemps par leurs injecteurs à vapeur et à air comprimé, construisent aussi d'excellents pulvérisateurs d'eau pour l'assainissement des galeries de mines, qui se répandent de plus en plus en Allemagne.



lique est peu abondante. Dans le cas contraire, ainsi au Simplon, l'injection d'eau doit être regardée plutôt comme un auxiliaire précieux de la ventilation générale, agissant plus directement que cette dernière sur le front d'attaque et les organes des ouvriers qui y travaillent. Son application, à dose modérée, étant d'ailleurs facile et peu coûteuse, il vaudra mieux répartir la dépense prévue pour la lutte contre la température entre les deux modes de rafraîchissement. L'un comme l'autre de ces systèmes étant sujet à des interruptions momentanées et accidentelles, on gagnera à avoir deux cordes indépendantes à son arc au lieu d'une seule, afin d'éviter avant tout les effets désastreux des hautes températures sur la santé des ouvriers, ou des interruptions de travail toujours fâcheuses.

#### IV. RAFFRAÎCHISSEMENT PAR LA GLACE OU PAR DES APPAREILS FRIGORIFIQUES

L'introduction de la glace, destinée à abaisser la température des chantiers souterrains par sa fusion, a été proposée par plusieurs savants, ainsi par M. Dubois-Raymond, le célèbre physiologiste, et par les experts chargés de l'exploration géologique du Simplon, MM. Lory, Renevier, Heim et Taramelli ; d'autres savants ont conseillé un mélange de glace et de sel, ou des wagons remplis de chaux vive pour dessécher l'atmosphère du tunnel.

Ces moyens n'auront jamais l'approbation des hommes du métier, lorsqu'il s'agira de les appliquer, par grandes quantités, dans des travaux de mine d'une vaste étendue.

M. Haton de la Goupillière, l'éminent directeur de l'Ecole supérieure des mines, a condamné ces procédés, du moins sous cette forme générale, comme étant sans valeur pratique (1). M. Daniel Colladon écarte pour les mêmes raisons l'application de ces moyens, aussi gênants que coûteux, au percement des longs tunnels : « C'est une idée ingénieuse en théorie (2), dit-il très bien, mais ce n'est pas une idée applicable en pratique ». Tous les ingénieurs qui ont été appelés à conduire des travaux de mine seront de l'avis de ces deux maîtres illustres.

Cette manière de voir n'exclut point d'ailleurs l'emploi partiel de la glace ou d'un mélange réfrigérant (ou desséchant), soit pour l'organisation d'un service de boisson, soit pour rafraîchir simplement au besoin la conduite de l'air ou de l'eau envoyée au front de taille.

(1) *Cours d'exploitation des mines*, tome II page 347.

(2) *Les procédés hygiéniques pour les percements des longs tunnels*, page 12.

Ces applications restreintes pourront rendre des services réels, mais ce sont des palliatifs plutôt que des remèdes énergiques.

La Commission d'experts du Simplon a tenu à calculer la quantité de glace qu'il faudrait introduire dans le tunnel pour abaisser la température de 10° sur 1 km des galeries de base et de faite. Il faudrait, d'après cette évaluation, 25 kg par minute, soit 40 m<sup>3</sup> environ par jour, fournissant un débit d'un demi-litre d'eau par seconde. La dépense s'élèverait à 650 (00) fr de chaque côté du tunnel. Elle pourrait cependant être réduite, en remplaçant la glace naturelle par celle que fournit la machine Raoul Pictet.

Mais la fabrication de la glace à l'entrée même du tunnel serait encore un détour peu pratique et peu économique. Du moment qu'on songe à recourir au principe fécond sur lequel reposent les machines frigorifiques, il vaut bien mieux remonter à la source de ce principe, d'après le conseil de M. Haton de la Goupillière (1) « en établissant au moyen d'une canalisation spéciale, convenablement feutrée, une circulation sous pression de solutions salines dont la teneur abaisse suffisamment le point de congélation ».

Ces liquides, « en passant à travers des espèces de condenseurs à surface très simples », pourraient produire un abaissement de température (et du degré d'humidité) (2) beaucoup plus énergique que les autres moyens proposés. Le succès du procédé Poetsch et de son application au tunnel de Stockholm par M. Lindmark, permettent d'espérer beaucoup de ce moyen encore peu exploité. Il s'agit seulement de l'adapter aux conditions particulières des grands tunnels des Alpes. Son action n'aurait pas besoin d'être aussi énergique que pour le fonçage des puits par congélation, mais elle devrait se maintenir égale pendant plusieurs mois, soit pendant toute la traversée des deux kilomètres centraux où l'on prévoit des températures pouvant s'élever jusqu'à 38° ou 40°. (Pour les autres sections, la ventilation et l'eau pulvérisée doivent suffire.)

Pour se rendre compte d'avance de la puissance d'action de ce procédé, des frais que causerait son application et de la force motrice qu'elle absorberait, il conviendrait de faire d'abord des expériences à petite échelle dans des locaux chauffés artificiellement, dans des galeries de mines ou

(1) *Cours d'exploitation des mines*. Tome II, page 347.

(2) En choisissant des solutions salines convenables, il serait facile d'agir à la fois sur l'humidité et sur la température.

dans une partie du tunnel même où la température est encore supportable.

Il vaudrait la peine d'attirer l'attention des ingénieurs et inventeurs sur cette question et d'encourager l'étude pratique de cette nouvelle application du principe des machines frigorifiques (1). On pourrait ainsi apprécier, avant l'arrivée du moment critique, les avantages et les inconvénients d'une pareille méthode et de sa combinaison éventuelle avec les autres procédés réfrigérants.

Pour le moment, il serait risqué d'avancer des chiffres précis. Toutefois l'abaissement de température de 30° obtenu et maintenu pendant plusieurs jours par M. Poetsch et le coût relativement modéré de son procédé nous autorisent à voir là une ressource précieuse et très abordable dans la lutte contre la chaleur souterraine, tout en réservant cette ressource aux températures supérieures à 35° ou 40° C. Ce nouveau procédé n'empêchera donc pas d'établir d'emblée un bon système de ventilation qui reste d'ailleurs indispensable au point de vue hygiénique. Mais la dépense affectée à cette ventilation pourra être réduite, grâce à cet auxiliaire énergique dont l'action pourrait être aussi combinée plus directement avec l'aérage. Cet auxiliaire remplacerait surtout avec avantage les interruptions des travaux de perforation pendant un jour ou deux, proposées par la commission d'experts pour la période la plus difficile, car le retard qui en résulterait dans l'achèvement du tunnel représenterait un chiffre important d'intérêts à servir et de frais généraux supplémentaires.

#### EMPLOI SIMULTANÉ

##### DES QUATRE PROCÉDÉS RÉFRIGÉRANTS

Ainsi, d'après les calculs cités des experts, les plus hautes températures que les géologues prédisent pour la partie centrale du tunnel du Simplon, pourraient être vaincues au besoin par l'application exclusive de n'importe lequel des quatre procédés réfrigérants que nous venons de passer en revue, et sans dépasser la somme prévue de ce chef dans le devis général.

D'autre part, chacun de ces procédés doit rencontrer une limite pratique ou économique au delà de laquelle il cesse d'être le plus avantageux. On préférera donc probablement combiner leur effet de manière à tirer le meilleur parti de chacun de ces modes de rafraîchissement, et répartir entre eux la somme de deux millions et demi prévue par les experts pour vaincre les difficultés

thermiques extraordinaires. On ne risque d'ailleurs guère de dépasser cette somme (1).

Dans cette combinaison chacun des quatre réfrigérants a un rôle particulier et important à remplir :

*L'air comprimé procurera par sa détente un premier abaissement de température gratuit à l'avancement et dans tous les chantiers où il sert de fluide moteur. On a donc tout intérêt à en multiplier l'application substituée au travail à la main.*

*La ventilation mécanique à pression normale produira également, et maintiendra à travers tout le souterrain, un abaissement de température, en évitant les changements brusques si pernicieux aux ouvriers. Elle combattra énergiquement l'humidité, cette autre source d'insalubrité, et procurera l'assainissement général et continu de l'atmosphère souterraine. C'est, du reste, le moyen de rafraîchissement le plus éprouvé et le plus sûr, lorsque la force motrice disponible est suffisante, comme au Simplon.*

*L'eau pulvérisée agira d'une manière plus directe que les moyens précédents sur l'assainissement du front d'attaque, après le tirage des mines, et produira surtout un abaissement immédiat et local de la température, que la ventilation générale maintiendra et répartira ensuite. L'injection d'eau exerce aussi une action particulièrement bienfaisante sur la santé des ouvriers.*

*Enfin, une circulation, sous pression, de solutions salines bien choisies et bien préparées pourra abaisser la température à elle seule de 15 à 20° et absorber en même temps une grande partie de l'humidité. C'est une réserve puissante qui assurera ou complètera la victoire préparée par les moyens précédents et permettra d'affronter sans crainte des températures de 35 à 42°, qu'on ne risque pas de dépasser au Simplon (2). Par ce moyen, on pourra sûrement éviter les interruptions de travail prévues par les experts pendant la période la plus difficile du percement.*

*En somme, les difficultés thermiques, les seules qui paraissent redoutables dans l'exécution du projet du Simplon, peuvent être envisagées sans crainte. On peut même les*

(1) Si l'on chargeait de l'étude de ce problème spécial M. Raoul Pictet, l'inventeur de la machine à glace bien connue, il ne manquerait pas de trouver une solution satisfaisante et originale.

(1) Outre la somme de deux millions et demi destinée à vaincre les difficultés thermiques extraordinaires, le devis prévoit encore celle de sept millions et demi pour les installations mécaniques de perforation et de ventilation.

(2) Le tunnel de 20 km, si l'on se décidait à y revenir, ne doit inspirer aucune crainte vu cette réserve, même dans le cas où les prédictions plus pessimistes de M. Renevier, annonçant un maximum possible de 42°, devraient se réaliser.

regarder comme vaincues par les sages mesures en partie prévues dans le projet même, en partie recommandées par des ingénieurs et des savants qui font autorité.

On doit néanmoins féliciter les experts et M. Meyer, l'auteur des deux derniers pro-

jets (de 1882 et 1886), d'avoir regardé en face cette question « brûlante » au lieu de chercher à l'esquiver, comme l'ont fait les partisans du Mont-Blanc.

On sait qu'un problème bien et franchement posé est à moitié résolu.

### CONCLUSIONS GÉNÉRALES

La première partie de cette étude nous a montré que le Simplon, et le Simplon seul, peut réparer pour les ports, les chemins de fer et le commerce d'exportation français, le tort que leur a causé l'ouverture de la ligne du Gothard mise au service de la concurrence allemande — car le Simplon donne, en distance virtuelle, de Paris à Milan, 89 km d'AVANTAGE SUR LE GOTHARD et 77 km SUR LE MONT-GENIS, tandis que le Mont-Blanc et le Saint-Bernard sont incapables de lutter sérieusement contre le Gothard.

La seconde partie de notre travail, consacrée à la comparaison des trois passages rivaux au point de vue des difficultés techniques et financières, nous conduit à formuler les conclusions suivantes :

1.) Le tunnel projeté sous le Mont-Blanc, dont les lignes d'accès sont des plus difficiles à construire et à exploiter, rencontrerait des obstacles géologiques, thermiques et hydrologiques surtout, qui ont inspiré à des savants et à des ingénieurs de premier ordre des doutes sérieux sur la possibilité de son exécution. Dans l'hypothèse la plus favorable, la réalisation de ce projet avec ses lignes d'accès exigerait une dépense totale de 250 millions de francs, dont plus de 100 millions tomberaient à la charge de l'Etat français.

2.) La traversée du Saint-Bernard, par le col Ferret, sans rencontrer des difficultés de construction insurmontables, coûterait environ 200 millions, dont plus de 80 à la charge de la France. On rencontrerait, à ces altitudes extraordinaires, des conditions d'exploitation regardées comme inacceptables par les hommes les plus compétents.

3.) La percée du col du Géant, nouvelle édition du Mont-Blanc, proposée aujourd'hui par M. de Vautheleret, ne saurait éviter les difficultés thermiques et hydrologiques de l'ancien projet du Mont-Blanc qu'en allongeant et surélevant le tracé déjà trop long et trop haut, de manière à lui rendre la lutte contre le Gothard tout à fait impossible.

4.) La traversée du Simplon ne rencon-

trera aucune difficulté technique extraordinaire ou insurmontable. Réalisant le tracé le plus bas possible, il offrira des conditions d'exploitation incomparablement meilleures que tous les autres passages établis ou projetés à travers la chaîne des Alpes. Les températures internes que le tunnel rencontrera, d'après les prévisions des savants géologues consultés, — bien que supérieures à celles qu'on a constatées pendant le percement du Gothard et du Mont-Genis — seront certainement inférieures à celles qu'on aurait dû affronter dans le tunnel du Mont-Blanc. Et les mesures de ventilation et de rafraîchissement que les progrès récents de la science et les belles forces hydrauliques disponibles au Simplon permettront d'appliquer, auront raison de ces températures sans dépasser le chiffre de dépense supplémentaire prévue de ce chef dans les devis, et de manière à placer le personnel ouvrier dans d'excellentes conditions hygiéniques.

Le coût total de la traversée du Simplon ne sera que de 96 millions, soit de 130 millions, si l'on ajoute le coût des lignes d'accès sud, à la charge de l'Italie.

Un puissant groupe financier s'est engagé par un traité formel à exécuter le projet dans ces conditions, en acceptant le forfait dans le sens le plus étendu du mot.

Le gouvernement français continuant à se désintéresser de la question, c'est des autorités italiennes que dépend aujourd'hui le sort définitif de l'entreprise — car celle-ci est assurée financièrement sous cette seule réserve que l'Italie se charge de la construction des lignes d'accès situées sur son territoire, et fournisse une subvention de 15 millions, égale à celle que donne la Suisse, au percement du grand tunnel.

Cette subvention de 15 millions que la Confédération, les cantons et villes suisses ont déjà votée presque en entier, ne paraît pas au-dessus des forces des riches cités et provinces de l'Italie septentrionale et centrale, et des chemins de fer italiens intéressés. Et quant aux lignes d'accès qui desser-

viroient la belle vallée d'Ossola et la rive droite du Lac Majeur, la plus fréquentée par les touristes, les 35 millions qu'elles coûteraient (1) ne sauraient être regardés comme un sacrifice trop lourd pour le pays qui est appelé à en profiter si largement. La compagnie de la Suisse Occidentale et du Simplon n'a pas attendu de son côté le percement du grand tunnel pour construire les lignes Sion-Sierre-Brigue et Saint-Gingolph-Bouveret qui ne deviendront réellement productives qu'après ce percement.

Les délégués de cette Compagnie ont trouvé le mois dernier à Rome le meilleur accueil, et, si la paix est conservée à l'Europe, on peut espérer que l'année 1888 ne se terminera pas sans avoir fait faire un dernier pas décisif à la grande entreprise. Sous l'impulsion du comité milanais, quelques villes et provinces ont déjà réuni une partie de la subvention demandée, et le gouvernement royal se montre disposé à présenter prochainement au Parlement les projets de classement pour les lignes Domo Gondo et Arona-Ornavasso.

Il faut s'attendre cependant à une opposition dans les Chambres, de la part des partisans piémontais des projets rivaux du Mont-Blanc et du Saint-Bernard, et des amis exclusifs de la Compagnie du Gothard. Le principal argument des adversaires italiens du Simplon, et l'argument le plus sérieux sans contredit, c'est l'abstention de la France qui paraît appelée cependant à retirer la plus grande somme d'avantages de cette nouvelle percée des Alpes. Une lettre adressée en 1879 à un ami de Gambetta par M. Baccarini, ministre des travaux publics à cette époque, vient d'être rééditée, pour montrer que la France est bien plus que l'Italie intéressée au Simplon. Si l'œuvre internationale devait échouer devant le parlement italien, c'est donc en grande partie à l'attitude passive du

gouvernement français qu'il faudrait attribuer ce résultat.

Même si la décision des Chambres italiennes, comme nous avons tout lieu de l'espérer, est favorable au Simplon, nous ne pouvons nous empêcher de regretter l'indifférence de la France officielle pour une question aussi éminemment française. D'une part cette indifférence a obligé la Compagnie concessionnaire à renoncer à son projet de 1882, avec tunnel de 20 km, qui était, au dire des hommes les plus compétents, la solution par excellence, la seule qui réalise entièrement l'idéal de la commission parlementaire française de 1881 : « la ligne de plaine de la mer du Nord à l'Adriatique ».

D'autre part, le gouvernement français prive ainsi ses nombreux nationaux intéressés à la nouvelle ligne, de son appui diplomatique, en face de l'hostilité de la Compagnie du Gothard et de ses puissants protecteurs.

Nous serions tenté d'appliquer à la France, que nous aimons, le mot d'Henri IV à son ami Crillon, et de lui dire : Une grande œuvre dont le premier fondement a été posé par le génie français, une œuvre qui est réclamée, depuis plus de trente ans, par un grand nombre de villes et de corporations françaises, va enfin être réalisée, et au bas du traité qui en assurera l'exécution, le nom de la France manquera seul à l'appel.

Quoi qu'il en soit, le percement du Simplon est une de ces nécessités économiques qui s'imposent tôt ou tard et finissent par triompher de tous les obstacles. Les avantages incontestables qu'en retireront le commerce et l'industrie des vastes contrées favorisées par ce projet, deviendront un lien nouveau et puissant entre trois pays que des intérêts communs et des traditions séculaires tendront toujours à rapprocher. Les dissensions qui se sont élevées ces derniers temps entre la France et l'Italie ne peuvent durer, ils sont trop contraires aux vrais sentiments qui animent les deux nations.

Le bien qui résultera, pour la France en particulier, de la traversée du Simplon, sera un jour — nous en avons le ferme espoir, — la démonstration éclatante et irréfutable de la thèse que nous défendons.

(1) Nous avons dit plus haut qu'un groupe financier a proposé au gouvernement italien de se charger de la construction des lignes d'accès à ce prix. Les négociations continuent et sont en bonne voie.

FIN







L'abonnement au **MONITEUR INDUSTRIEL** comprend cinquante-deux numéros paraissant le jeudi et formant chaque année un volume in-4° de 420 pages environ.

(Le **Bulletin des Adjudications**, officielles et privées. *Revue Commerciale*, comprenant la revue des marchés et les nouvelles industrielles de tous les pays du monde, rapports consulaires, etc., est envoyé à tous les abonnés du **MONITEUR INDUSTRIEL**.)

---

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

FRANCE ET BELGIQUE . . . . . 25 fr.

UNION POSTALE . . . . . 30 fr.

---

*Collections de 1874 à 1884, épuisées.*

*Collections de 1885-86-87. 50 fr.*

---

Le **MONITEUR INDUSTRIEL** rend compte de tous les ouvrages français, belges et étrangers, que les auteurs et les éditeurs veulent bien lui faire parvenir.

Le **MONITEUR INDUSTRIEL** accepte également l'échange avec les recueils et journaux scientifiques et technologiques.

---

Les caractères principaux de cette publication sont l'**indépendance** et l'**impartialité**; non pas celles qui consistent à accueillir indifféremment toutes choses telles que les présentent les intéressés, fussent celles-ci contradictoires d'un jour à l'autre, mais une **liberté** et une **franchise** d'appréciation dont la Rédaction use **ENVERS TOUS** et qu'elle n'entend abdiquer vis-à-vis de personne.

Le **MONITEUR INDUSTRIEL** est donc le journal qui **renseigne le mieux** le lecteur sur toutes les questions techniques et autres qui intéressent l'industrie.

---

*On s'abonne dans tous les bureaux de poste et chez tous les libraires.*

---

ENVOI GRATUIT D'UN NUMÉRO SUR DEMANDE